



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ASIGNATURA DE OPERATORIA DENTAL**

“Efecto del Envejecimiento del Esmalte sobre la Resistencia Traccional frente a dos sistemas adhesivos”.

Nombre del Alumno:

Claudio Manneschi Gallardo

**Trabajo de investigación
Requisito para optar al título de
Cirujano-Dentista**

Tutor Principal:

Prof. Dr. Gustavo Moncada.

Tutor Asociado:

Dr. Eduardo Fernández G.

**Santiago – Chile
2006**

A mis padres, por su apoyo, ayuda, guía... gracias por todo, sin uds. no estaría en estas instancias.

Agradecimientos

Al Dr. Gustavo Moncada por su ayuda, apoyo, guía docente y paciencia a lo largo de este estudio.

Al Dr. Eduardo Fernández por su ayuda, apoyo y guía en la realización de este trabajo.

Al Dr. Alejandro Oyarzún gracias por sus consejos, su aporte y crítica en esta tesis.

A la Sra. Marcela Ortuondo y al personal de 3M Chile, por su aporte tanto en tiempo como en cuanto a los materiales.

Al Dr. Benjamín Martínez por su ayuda en el análisis estadístico.

A mis amigos quienes han compartido su vida estos años, los que ya no están y por los que aun están y espero que aun lo estén más allá del termino de este proceso. Entre ellos tía Leonela y Rolando por su apoyo, amistad y paciencia, e Ivonne y Gonzalo por su amistad.

ÍNDICE

Introducción	5
Aspectos teóricos.....	11
Histología del esmalte	11
Cambios con la edad	33
Conceptos de adhesión	39
Clasificación de los sistemas adhesivos	43
Características de adhesión en Esmalte	49
Adhesivos	60
Problema	62
Hipótesis	62
Objetivo general	62
Objetivos Particulares.....	62
Material y método	63
Preparación de las piezas dentarias	63
Conformación de las muestras	65
Construcción de las probetas	67
Almacenaje	69
Prueba de resistencia a la tracción y análisis de datos obtenidos	70
Resultados	72
Discusión	79
Conclusiones	86
Sugerencias	87
Resumen	88
Referencias	90

INTRODUCCIÓN

Por muchos años el uso de técnicas y materiales que no se adherían a los tejidos dentales fueron las únicas formas de devolver al diente su estructura, función y estética. Estos se mantienen en su sitio prácticamente por las características de las cavidades y, por ende, por retenciones macromecánicas. Hoy en cambio se ha concebido una nueva tendencia más conservadora de la mano del desarrollo de nuevos materiales, los que logran una adhesión a los tejidos dentales en virtud de nuevos conceptos como la retención micromecánica, dado por trabas del adhesivo en las microporosidades del esmalte creadas por un grabado ácido. Esto se considera un punto clave para este tipo de restauraciones, lo que determina una mejora en la capacidad de retención, de sellado marginal y mejor protección de la pulpa dentaria.

Este impulso, iniciado con el desarrollo de técnicas de grabado ácido, parte con Buonocore en el año 1955. Originándose una odontología más conservadora y relacionada cada vez más con la estética. La capacidad de crear adhesión sobre un sustrato acondicionado ha cambiado los conceptos previos acerca de la preparación de las cavidades que van a recibir el material restaurativo, la prevención de las caries (uso de sellantes), y la apariencia de la restauración finalizada. (1, 3, 4, 5, 6, 7)

A partir de esto se han desarrollado diferentes técnicas de adhesión sobre los tejidos dentarios, de la mano de nuevos descubrimientos, de nuevos materiales y de los estudios sobre la ultra estructura y sus cambios de los tejidos dentarios sobre los cuales se realiza la técnica adhesiva. Frente a esto hay dos técnicas que son de gran importancia, una técnica de grabado tradicional la cual involucra tres pasos o por lo menos dos pasos. Esta técnica implica la sucesiva aplicación de un acondicionador (ácido) y su posterior lavado, seguido por un “primer” o agente promotor de la adhesión, y la aplicación posterior de un agente adhesivo o una resina adhesiva. En el caso de los de dos pasos, los cuales mezclan el “primer” con el agente adhesivo en solo una solución, mantienen aun el grabado y el lavado previo como pasos importantes. En los últimos años ha aparecido una nueva técnica denominada de autograbado. Estas nuevas generaciones de adhesivos tienden a disminuir los requerimientos del número de botellas y de pasos con lo que logramos un ahorro de tiempo, y más importante aún, es el logro de una técnica menos sensible que la usada actualmente en clínica y por lo tanto la disminución de errores en el procedimiento. ^(1, 6, 9) El uso de una técnica de autograbado (acondicionador y adhesivo) no requiere del paso de lavar la zona posterior al grabado puesto que la infiltración ocurre simultáneamente al proceso de autograbado. ^(1, 2, 8)

Entre ambas técnicas se ha reportado que, en términos de durabilidad, el proceso de adhesión que consta de dos o tres pasos (o tradicional) es la que revela los mayores valores de adhesión. En cambio, los sistemas de autograbado de dos pasos se aproximan a estos valores pero aun por debajo de los anteriores. ⁽⁸⁾ Esto podría darse porque en ambos sistemas hay varias diferencias como, por ejemplo, en la capacidad de formar una superficie apropiada para generar adhesión, ya que una técnica tradicional de grabado (ácido fosfórico al 37% aplicado por 15 a 20 segundos sobre el esmalte) permite al adhesivo penetrar cerca de 2 a 5 μm dentro del área interprismática. En cambio, en algunos sistemas de autograbado solo permiten una penetración de 0.3 a 1.0 μm en esta área. ⁽¹⁰⁾

Aun así, el esmalte solo requiere la aplicación de un agente de grabado, seguida de la aplicación de una resina fluida (o adhesivo), sin la necesidad de un primer intermedio, lo que no afecta negativamente la efectividad de la adhesión, e incluso puede ser útil cuando se lleva acabo una técnica adhesiva húmeda. ⁽¹⁾

Estas técnicas aun están sujetas a debate en cuanto a cual provee mejores características adhesivas. Y es importante tener en cuenta las limitaciones de las técnicas, tanto del punto de vista individual como en la técnica en general y las características que deben cumplir los materiales

adhesivos respecto a factores físicos, químicos y mecánicos. Por ende, hay que tener en cuenta la gran cantidad de requisitos de la técnica, de los que dependen para obtener una alta adhesión. (1, 6, 7, 9)

Se ha hablado de las características que han de cumplir los materiales que serán aplicados, sobre los procedimientos de las técnicas a realizar y las particularidades de la superficie para lograr una adecuada adhesión, pero debemos tener en cuenta a su vez que estas superficies cambian tanto en estructura como en morfología y en composición, lo cual podría influir en la posibilidad de lograr este objetivo. (12, 13, 16, 19)

Existe una considerable variación en la concentración de minerales en el esmalte, debido a los diferentes procedimientos analíticos y de muestreo, por las verdaderas diferencias entre personas, dientes y hasta en las diferentes partes del mismo diente en estudio. El desarrollo de la dentición permanente se extiende por un periodo de más de 13 años. En si, es un lapso tan prolongado que puede abarcar distintas condiciones metabólicas en diferentes edades del individuo, por lo que no es sorprendente hallar diferencias significativas en la composición del esmalte. (34)

Los conocimientos de la química superficial del esmalte, indican que en los estadios preruptivos, los cristales superficiales del esmalte están en un equilibrio dinámico con el ambiente líquido de los tejidos adyacentes. La

entrada de gran cantidad de iones presentes en los líquidos fisiológicos, en la cáscara de hidratación y la superficie de apatita del esmalte y de la dentina, tiene que ver con los muchos elementos vestigiales en estos tejidos. Posteriormente, la superficie del esmalte se equilibra con la saliva, el líquido crevicular y los líquidos ingeridos en la cavidad bucal. El continuo intercambio fisicoquímico entre la superficie adamantina y el líquido bucal, y los cambios de fase durante la disolución y reprecipitación, explican el cambio en la composición del esmalte superficial, lo que resulta en un gradiente de concentración de algunos elementos inorgánicos a medida que avanza de las capas superficiales a las más profundas o internas del tejido adamantino. La mayoría de las reacciones entre el esmalte superficial, los iones y las moléculas en el ambiente están controladas por difusión; esto contribuye a las diferencias en la composición del esmalte superficial e interno,⁽³⁴⁾ entre otros cambios producidos a lo largo del tiempo en este tejido dentario.

La capacidad de los materiales de composite para unirse al esmalte se ha hecho fundamental no solo en el campo restaurativo, propio de la operatoria dental en restauraciones directas, medios de cementación y en la prevención, por el uso de sellantes, sino también que en diferentes prácticas odontológicas como en el área de prótesis fija y ortodoncia con aplicaciones restaurativas,

donde el éxito de una terapia recae principalmente en la fuerza y la durabilidad de la unión al diente de los braquets ocupados. ^(18, 34)

En el presente estudio comparativo “*In-Vitro*”, se medirán los cambios en la resistencia traccional de dos sistemas de adhesivos de similar estrategia frente a esmalte proveniente de dos grupos etéreos diferentes. Para valorar la fuerza de unión de una adhesión se traccionará un sistema previamente adherido sobre sustratos adamantino, con lo que se podrá valorar estadísticamente los resultados obtenidos entre los grupos estudiados.

ASPECTOS TEORICOS

Histología del esmalte

Es considerada una de las estructuras más duras y resistentes de la economía humana, dado a su estructura, puesto que esta formado por prismas altamente mineralizados.

Es un tejido que no puede regenerarse, es avascular y acelular, microporoso y anisótropo, y puesto que presenta gran mineralización presenta una gran dureza y al mismo tiempo una gran fragilidad, además de estar en directa relación con el medio ambiente. Es de origen ectodérmico y es sintetizado por Ameloblastos secretores los que presentan cierta polarización lo que lleva a sintetizar en diferentes partes del esmalte, los prismas en diferentes direcciones, pero siempre conservando su estructura básica. ^(11, 12, 13, 14)

Características que lo hacen un tejido único:

1. Deriva embriológicamente del ectodermo y se forma a partir del órgano del esmalte.
2. En la matriz orgánica participan proteínas con agregado de polisacáridos.
3. Los cristales están densamente empaquetados y son de mayor tamaño a los encontrados en otros tejidos mineralizados.

4. Es un tejido que no puede ser reparado o regenerado puesto que los Ameloblastos desaparecen después de la formación de este tejido, pero si puede remineralizarse.
5. Es un tejido que no presenta células ni prolongaciones celulares, es además a vascular y sin inervación.

La superficie externa del esmalte esta cubierta con una capa primaria, producida por los Ameloblastos que se pierde al mismo tiempo en que se produce el proceso eruptivo. Esta ejerce una función protectora, y al parecer persiste a nivel cervical. Posteriormente el esmalte se cubre con una película secundaria de origen salival (película adquirida) y por sobre esta se forma una placa dental a expensa de microorganismos habituales de la cavidad oral. ^(11, 12, 13, 14)

El espesor del esmalte, que comprende entre la unión Amelodentinaria a la superficie libre, es variable tanto entre piezas como dentro de la misma pieza dentaria. Así, el espesor decrece desde el borde incisal o cuspídeo hacia la región cervical, además presenta mayor espesor por vestibular que por lingual, y se encuentra también mayor espesor a nivel mesial. El espesor mínimo se da en relación a la unión amelocementaria, donde termina con un borde en filo de

cuchillo, a sí mismo es mínimo en relación a los surcos y fosas. Y es máximo en relación a las cúspides molares, premolares y canino superior, zonas de grandes impactos masticatorios. ^(11, 12, 13, 14)

Propiedades físicas:

- a) Dureza: es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o sufrir deformaciones de cualquier índole motivada por la presión ⁽¹³⁾. Está en relación directa con el grado de mineralización, decreciendo desde la superficie a la unión amelodentinaria. La dureza corresponde a un valor cinco en una escala de Mohs cuyo valor mayor es diez y equivale a la apatita ⁽¹²⁾, o de 200 a 500 KHN (knoop hardness number) y esta disminuye desde la superficie libre hacia el límite amelodentinario ⁽¹³⁾.
- b) Elasticidad: es escasa pues esta propiedad depende de la cantidad de material orgánico y de agua que posee, pero a la vez esto le da una mayor fragilidad, y donde es la dentina lo que le da mayor elasticidad.
- c) Color y transparencia: el esmalte es translucido, variando según el grado de calcificación y de homogeneidad) y su color varía entre blanco amarillento (zonas más delgadas) a un blanco grisáceo (zonas más gruesas), color que depende de las estructuras subyacentes.

- d) Permeabilidad: actúa como membrana semipermeable, por lo que esta característica es bastante reducida, permitiendo el paso de agua y de iones desde la saliva. Ante esto se ha hablado de un sistema submicroscópico en donde es el agua que actúa como un transportador de iones (se ocupa este sistema para el aporte de fluoruros) así la sustitución de grupos hidróxilos por grupos fluoruros, dan mayor resistencia al ataque ácido y por ende al de las caries.
- e) Radioopacidad: es muy alta, en donde las caries aparecen como zonas radiolúcidas debido a la alteración de los y descalcificación del área afectada.
- f) Peso absoluto y peso específico: el primero depende del tamaño de la pieza dentaria y el específico es de 2,95, siendo el de la apatita de 3,1.
(13)
- g) Densidad: disminuye desde la superficie libre al límite amelodentinario y varía entre 2,8 a 3, siendo diferentes entre piezas dentarias. ⁽¹³⁾
- h) Grado de refracción: el esmalte es birefringente dando una variación de - 0,004 entre el índice de refracción, entre el rayo ordinario (1,627) y el extra ordinario ^(1, 6, 12, 13).

- i) Solubilidad: la capa superficial es menos soluble, aumentando esta característica en las capas mas profundas, aunque esto se den en forma irregular. ⁽¹³⁾
- j) Carga eléctrica: por medio de cataforesis, que consta de obtener partículas a partir de la sustancia que se va a estudiar la que es sometida a la acción de una corriente eléctrica, o sea el esmalte es pulverizado y puesto en un medio que tenga un pH superior a 3,6 este se comportara como una corriente negativa y con uno inferior como una carga positiva.
⁽¹³⁾
- k) Espesor: comprendida como la distancia entre la superficie libre y el limite amelodentinario. Este no es uniforme y varia según los distintos dientes y aun entre las distintas zonas de un mismo diente. Podemos determinar variaciones en el espesor en:
 - a. El espesor decrece desde el borde incisal y cuspídeo hacia la región cervical.
 - b. Los dientes presentan mayor espesor por vestibular que por palatino o lingual.
 - c. Tanto por vestibular como por palatino o lingual, el espesor mayor se encuentra a nivel mesial.

- d. En los incisivos y caninos el espesor es mayor en los superiores que en los inferiores.
- e. En los premolares el espesor del esmalte es mayor en los superiores que en los inferiores y a su vez es mayor en el primer premolar que en el segundo.
- f. En los molares, la cúspide mesial presentan mayor espesor que las distales tanto en los superiores como en los inferiores y los primeros molares presentan un mayor espesor respecto a los segundos y estos con los terceros molares.⁽¹³⁾

Composición química:

El esmalte es un tejido consistente en un 97% de mineral, un 0.3% de material orgánico y un 2.7% de agua, en cambio la dentina es un tejido consistente e 70% de mineral y un 20% de material orgánico (colágeno principalmente) y 10% agua ^(27, 34). En la matriz orgánica presenta una parte importante de un componente de tipo proteico constituyendo un sistema de multiagregados polipeptídicos que no han sido determinados en forma definitiva. Dentro de esta matriz se han identificado gran cantidad de proteínas.

⁽¹²⁾ Así, las zonas donde las sustancia orgánica es más abundante se denomina

calcoglobulinas (0.5 μm) y las zonas donde es menos, calcoferitos (3 a 6 μm) que se alternan, y cuyo origen esta en base a la mineralización que ocurre en forma rítmica. ⁽¹³⁾

La matriz inorgánica esta constituida principalmente por sales minerales de fosfato y de carbonato. Estas sales se muestran en una configuración apatítica que corresponde a la formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, estas sales se depositan sobre la matriz del esmalte formando rápidamente estos cristales. En el esmalte a diferencia de lo que pasa en la dentina o en tejido óseo, no parece existir fosfato cálcico amorfo. Además podemos identificar minerales de calcio como carbonatos y sulfatos, y oligoelementos como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, etc. ^(12, 34)

Los cristales en el esmalte son más voluminosos que los que existen en dentina y en el tejido óseo, alcanzando una longitud de 100-1000 nm y un ancho de 30-70 nm y una altura de 10-40 nm. Estos presentan una morfología de hexágonos elongados ante un corte en ancho y rectangulares en un corte a lo largo, además presentan márgenes que pueden ser semejantes o no. La forma y el tamaño del cristal maduro varían con el grado de mineralización y la ubicación dentro del tejido adamantino. ^(12, 34)

El agua se localiza en la periferia de los cristales formando parte de la zona de hidratación o capa de agua absorbida, cuya cantidad es mínima y disminuye al avanzar la edad. Así por debajo y hacia el interior en el cristal se ubica una capa de iones y compuestos absorbidos en las que el catión Ca^{2+} puede ser sustituido por Na^+ , Mg^{2+} y H_3O^+ y el anión OH^- por F^- , Cl^- , etc.^(12, 13)

La mayor parte del conocimientos sobre como los átomos están dispuestos en el mineral de hidroxiapatita y la naturaleza de los componentes inorgánicos del esmalte humano fue probada en forma definitiva utilizando el método de difracción por rayos X. Cuando un haz paralelo de rayos X pega en una cantidad diminuta de materia, los rayos son disipados por los electrones de los átomos componentes. La interferencia, tanto aditiva como substractiva, de los rayos disipados es una función de la disposición espacial y de la naturaleza de los constituyentes atómicos de la muestra de materia. Si se observa los efectos de este procedimiento como puntos o líneas en la película fotográfica, o como perfiles (difractogramas) de las curvas registradas usando detectores de centelleo, es posible ganar una información valiosa sobre la estructura atómica de los cristales.⁽³⁴⁾

A nivel ultra estructural las celdillas unitarias que asociadas conforman el cristal poseen una organización muy esquemática con una configuración química y cristalográfica hexagonal en cuyos vértices encontramos los iones

calcio, y en cada lado se colocan dos grupos fosfato y en cuyo centro se encuentra un ion de OH^- . Además existe otro grupo de iones calcio dispuestos por dentro del hexágono que rodea a ion OH^- . ⁽¹²⁾

A través de difracción de rayos X, se ha demostrado la existencia de componentes inorgánicos amorfos en el esmalte los que corresponderían a carbonato de calcio ubicados en zonas entre los cristales de hidroxiapatita. Aunque no se sabe con seguridad su ubicación y las funciones de este material, pero se ha sugerido que tendrían un carácter cementante de los cristales. ⁽¹³⁾

Estructura y histología:

Aquí encontramos tanto una estructura básica, que corresponde al cristal y una secundaria, los prismas, originadas a partir de la anterior.

En cuanto a la unidad básica del esmalte, los grupos de cristales formaran los primas y podemos identificar tanto un esmalte prismático (mayor parte de ese tejido dentario) y uno aprismático (principalmente ubicado en la periferia y en la unión amelodentinaria).

Esmalte prismático: los prismas son estructuras longitudinales de 4 μm de espesor en promedio, que se dirigen en longitud desde la unión amelodentinaria a la superficie. Su diámetro varía entre los 4-10 μm y se van haciendo más gruesos al acercarse a la superficie. Su número varía en relación al tamaño de la corona entre 5 a 12 millones. Su disposición varía según el tipo de corte realizado para su estudio. Así en un corte longitudinal se observan como bandas delgadas irregulares, en un corte transversal estos se presentan como secciones hexagonales irregulares, ovoides o como en una forma que recuerda las escamas de pescado. Esto según un concepto clásico de la estructura del esmalte en donde además se describen a la sustancia interprismática, que corresponde a la estructura entre los prismas y que su

grado de mineralización es igual o menor a estos, y a la vaina del esmalte. Un modelo más actual de la estructura del esmalte, guiado por los estudios de microscopía electrónica, identifica los prismas como bastones irregularmente paralelos a un corte longitudinal y en cortes transversales con una morfología en ojo de cerradura, lo que permite identificar un cuerpo (zona más ancha $5\ \mu\text{m}$ limitada por zonas cóncavas) y una cola, cuya longitud es de $9\ \mu\text{m}$ (fig. a). Su disposición esta muy estrechamente relacionadas entre si pues las colas están siempre unidas a los cuerpos de los otros prismas, este sistema de unión es lo que da mayor resistencia al esmalte pues esta distribución permite una mejor distribución de las fuerzas y así mismo los prismas se disponen de tal manera que su cabeza esta dirigida al extremo incisal u oclusal del diente y la cola a la zona gingival ^(12, 13).

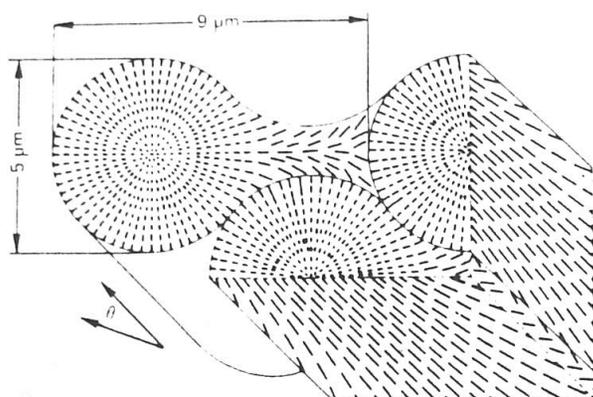


Fig. a: representación de los cristales en los prismas, nótese la formación de ojo de cerradura (Cevc et al. 1980), esquema tomado de Gordon Nikiforuk et al; "Caries dental, aspectos básicos y clínicos" ⁽³⁴⁾

La vaina del esmalte que corresponde a el material orgánico (que es mínimo en el esmalte) se distribuye por la periferia de los prismas y los relaciona entre si. Esta zona es cuantitativamente diferente al prisma en cuanto a su menor grado de mineralización y mayor grado de sustancia orgánica, y que por ende es un área más resistente a la desmineralización en relación a que presenta una menor concentración de mineral pero a la vez una mayor capacidad para captar colorantes su espesor es muy delgado oscilando entre los 0.1 y 0.5 μm . Estas vainas pueden estar atravesadas por cristales que tienen orientación perpendicular al eje longitudinal de dos prismas adyacentes, pudiendo estar aislados o formando una masa cristalina que actúa como un puente ínter prismático y que establece íntima relación entre dos prismas vecinos, estas estructuras son denominadas puentes ínter prismáticos, presentándose tanto en zonas profunda como superficiales y tanto en piezas temporales como en piezas permanentes. ⁽¹³⁾

Otra cosa importante, es que se puede identificar, en relación a los primas, una sección transversal líneas más densas con un intervalo de 4 μm lo que se relaciona con el proceso de la amelogénesis como descansos en la aposición de material, interpretándose como líneas de menor grado de mineralización. ⁽¹²⁾

Orientación de los cristales:

Los cristales se disponen paralelos entre sí en algunas regiones, en otras oblicuas e incluso perpendicularmente. Respecto a los prismas, la disposición de los cristales es paralela al eje mayor en su parte central. En el resto, los cristales están inclinados con relación al eje medio y forman un ángulo de valores variables de acuerdo con el sitio considerado del prisma, hasta alcanzar una orientación perpendicular a la que tienen en la zona central. Esta disposición se realiza de una manera tan particular en el espacio que la observación de pocos cortes histológicos siempre induce a errores. Para su mejor comprensión se debe recordar el concepto de que el prisma es un cuerpo tridimensional y que la orientación de los cristales se presenta según el plano considerado.⁽¹³⁾

En un plano longitudinal, mientras los cristales ubicados cerca del borde convexo corren paralelos al borde, los que se apoyan sobre la base de la cola se colocan perpendicularmente a ésta.

Orientación de los prismas:

Esta es bastante compleja, estos prismas se dirigen desde la unión amelodentinaria a la superficie externa del diente, se organizan y se disponen en hileras o planos circunferenciales alrededor del eje en mayor del diente, entre las hileras existe un cambio en la orientación de unos cuantos grados ⁽¹²⁾. Estos sufren una serie de desviaciones y entrecruzamientos constantes, que son muy pronunciados en el tercio medio, formándose una zona de entrecruzamientos denominada esmalte nudoso. Cerca de la superficie libre, los prismas suelen cambiar bruscamente de dirección para ubicarse perpendicularmente a esta superficie ⁽¹³⁾.

En los dientes permanentes las hileras de los primas de la región cervical se desvían de la horizontal y se inclinan hacia apical. En la región cuspídea las hileras presentan una orientación vertical o perpendicular. Además los prisma forman ángulos agudos de más o menos 60° hacia la profundidad de los surcos y fosas, los prismas de las cúspides forman ángulos de más o menos 90° con la superficie externa del esmalte y además crean ángulos de obtusos a oclusal de 106° cuándo terminan en la superficie correspondiente a el tercio gingival de las caras laterales de la pieza. ⁽¹²⁾

Esmalte aprismático:

Es un material adamantino carente de prismas, en donde los cristales se disponen en forma perpendicular a la superficie, se localiza en la zona mas externa de la superficie en un grosos de 30 μm presentándose en todos los dientes temporales y en 70% de los dientes permanentes en donde se encuentran en mayor porcentaje en las zonas cervicales y en relación a las fosas y fisuras, pero ausentes en las cúspides. Estas zonas se relacionan con la ausencia o menor desarrollo de los procesos de Tomes de los Ameloblastos. Son también las responsables de que al realizar un grabado ácido no se formen las microretenciones necesarias para una adecuada técnica adhesiva, por lo que se debería de aumentar el tiempo de grabado o eliminar este esmalte periférico. Por último estas zonas también son encontradas en la unión amelodentinaria dada la falta de desarrollo de los procesos de Tomes en la formación de esta zona. ⁽¹³⁾

Estructura secundaria :

Se reconocen como estructuras o variaciones que se originan de las estructuras primarias.

Aquí reconocemos:

- *Estrías de Retzius*: son estructuras que aparecen en los preparados por desgaste en formas de bandas de color parduzco con luz transmitida y claras con luz reflejadas. Entre ellas existe intervalos de 20 a 80 μm y son más numerosas en la zona cervical. Es importante una que es de mayor tamaño que con cuenda con el nacimiento (línea de Rushton-Orban o línea neonatal). Las disposición de estas líneas varía según las zonas de la corona que se observa, así en las cúspides se ven como curvas y en las caras laterales como líneas oblicuas. Estas estrías marcan diferencias en la aposición de las capas de tejido durante la formación de la corona, por ello reciben el nombre de líneas incrementales, correspondiendo a zonas menos mineralizadas y por lo tanto cualquier alteración metabólica ⁽¹²⁾. Su origen estaría interpretado por:

- Modificaciones en la estructura de la sustancia orgánica.
- Perturbaciones en el ritmo de mineralización.

- Modificación en el recorrido de los prismas. ⁽¹³⁾
- *Laminillas o fisuras*: son fallas, finas y delgadas, que se extienden en forma rectilínea desde la superficie hasta la dentina llegando a entrar en esta. Están constituidas por tejido poco o nada calcificado. Se organizan en diferentes planos de tensión de la estructura del esmalte. Existen tres tipos de fisuras las primarias, producidas en un diente en erupción y están formadas por matriz del esmalte no mineralizado o bien células provenientes del órgano del esmalte. Las secundarias, las producidas después de la erupción dentaria, siendo más profundas que las primarias llegando solo al esmalte o hasta la dentina, son generadas principalmente por trauma en el lugar, y luego son ocupadas por materia orgánica procedente de la saliva, por células de origen exógeno (mucosas), por células provenientes de restos del órgano del esmalte, productos elaborados por los ameloblastos o microorganismos. Las laminillas pueden ser clasificadas según: ^(12, 13)
 - Tipo a: son zonas hipomineralizadas, determinadas por segmentos de prisma poco mineralizado, se forman antes de la erupción.
 - Tipo b: se forman antes de la erupción, son zonas de esmalte ocupadas por células degeneradas que pueden

atravesar a la dentina y sus paredes pueden presentar una mineralización normal o hipomineralizada.

- Tipo c: se forman después de la erupción, y pueden atravesar dentina. Son zonas sin esmalte ocupadas por restos orgánicos provenientes de la saliva.

Y por último las terciarias (o falsas laminillas) producidas por traumas y/o accidentes ocurridos dentro de las técnicas de histológicas.

(13)

- *Penachos de Linderer*: son estructuras similares a las fisuras del esmalte. Se extiende en el tercio interno del esmalte y se despliegan desde el límite amelodentinario, en forma de arbusto. Hasta este momento se discute su origen y su naturaleza. Estos se forman en el desarrollo debido a los cambios bruscos en la dirección en los grupos de prismas debido a la orientación de los Ameloblastos en la amelogénesis y a que los penachos están formados por tejido poco mineralizado ricos en proteínas del esmalte.

- *Bandas de Hunter-Schreger*: son unas bandas claras y oscuras llamadas respectivamente parazonas y diazonas, de ancho variable y límite impreciso, y ocupan cuatro quintas partes más internas del esmalte. Se encuentran en todos los dientes permanentes y aun en los que no han completado su formación. El origen de estas no está bien explicado aun.
- *Esmalte nudoso*: es una zona especial de esmalte prismático que se localiza en las regiones de las cúspides dentarias y está formado por una interrelación de prismas. Este es un factor que aumenta la resistencia del esmalte pues están en las zonas que están más propensas a la acción masticatoria.
- *Husos adamantinos*: estructuras con aspecto de clavos irregulares a nivel de la unión amelodentinaria, corresponde a formaciones tubulares con fondo ciego que alojan en su interior a las prolongaciones de los Ameloblastos que pasan a través de los túbulos dentinarios ⁽¹²⁾. Su número es mayor en las cúspides y los bordes incisales que en las caras laterales. Su origen estaría en la persistencia de este en el momento de la mineralización del esmalte, ubicándose entre los Ameloblastos. Su orientación no guarda relación con los prismas vecinos, por lo que

resultan perpendiculares al límite amelodentinario, y oblicuos respecto a los prismas ⁽¹³⁾.

- *Periquimatías y líneas de imbricación de Pickerill.:* son surcos poco profundos existentes en la superficie del esmalte, generalmente en la porción más cervical de la corona. Dichos surcos no son más que las estrías de Retzius observadas desde la superficie del esmalte. Entre los surcos, la superficie del esmalte forma unos rodetes, crestas bajas o rebordes transversales denominadas periquimatías, estas tienen tendencia a desaparecer con la edad por el desgaste fisiológico.⁽¹²⁾

En la superficie del esmalte encontramos:

Cutícula del esmalte (membrana de Nasmyth, cutícula primaria o película primitiva): consiste en una delicada membrana que cubre toda la corona del diente recién erupcionado, su función es protegerlo durante la erupción y desaparece cuando la pieza entra en oclusión por la función masticatoria o por el cepillado. ⁽¹²⁾

Película secundaria, exógena o adquirida: es un precipitado proteico salival y elementos inorgánicos provenientes del medio bucal, que es retirada con el cepillado y se vuelve a formar a pocas horas después. Sobre esta se forma la placa bacteriana. ⁽¹²⁾

Factores que condicionan al esmalte para resistir agentes destructivos del medio bucal: ⁽¹³⁾

1. Factores inherentes al esmalte:
 - a. El grado de mineralización.
 - b. La presencia de determinados elementos inorgánicos (fluor).
 - c. La forma y la disposición de los prismas.
 - d. La naturaleza y la cantidad de material inorgánico.
 - e. Las características de la superficie libre de esmalte.

2. Factores que dependen del medio bucal:

- a. Un pH bajo de la saliva, que provoca la disolución de los cristales.
- b. La cantidad de flora microbiana capaz de modificar los cristales.
- c. La presencia de gérmenes intensamente criogénicos.
- d. El régimen alimenticio.
- e. El tiempo durante el cual se mantienen los hidratos de carbono en boca.
- f. El tipo de oclusión: donde ciertas malposiciones dentarias impiden realizar una correcta limpieza en las superficies dentarias.

Cambios con la edad

El esmalte es un tejido no vital y es incapaz de reemplazo, pues carece de células, ya que, como es sabido, los Ameloblastos desaparecen. Con la edad el tejido se desgasta progresivamente en regiones donde existe la atrición masticatoria. Las facetas de desgaste se hacen más pronunciadas en las personas ancianas y en algunos casos hay porciones sustanciales de corona que se erosionan. ⁽¹⁴⁾ Siendo este el mayor cambio a nivel de este tejido dado en las superficies oclusales e interproximales como resultado de la masticación. ⁽¹⁵⁾

Otro cambio debido a la edad es el cambio de color, los dientes se hacen más oscuros al avanzar la edad, dado quizás a agregados en el esmalte de material orgánico proveniente del medio o por la intensificación del color de la dentina y el adelgazamiento del esmalte.

Hay también cambios a nivel de la permeabilidad, haciéndose este tejido cada vez menos permeable. El esmalte joven se comporta como una membrana semipermeable, lo que permite el paso de agua y sustancia de pequeño tamaño molecular a través de los espacios entre los cristales. Con la

edad estos espacios disminuyen y los cristales aumentan de tamaño por la adición de iones y por lo tanto el contenido acuoso y orgánico también disminuye con la edad. ⁽¹⁴⁾

Los cambios en la naturaleza de su capa superficial dictan la mayoría de las variaciones que ocurren en las profundidades de este tejido. Con la edad la composición de la capa superficial cambia en relación al cambio iónico con el medio bucal con el medio bucal.⁽¹⁴⁾ Así por ejemplo, se han encontrado aumentos en la cantidad de fluoruro y de nitrógeno en las capas superficiales de los dientes viejos. ^(14, 15)

Los cambios iónicos fisicoquímicos en el esmalte superficial debidos a la disolución y repesipitación de iones continúan durante toda la vida de un diente. Un intercambio químico posteruptivo importante resulta en una creciente concentración de fluoruros y en una reducción de carbonato en la superficie. La superficie del esmalte presenta, a su vez, una concentración mayor y más densa de sales minerales que las capas más profundas, lo que lleva a que esta superficie natural del esmalte sea más resistente al ataque ácido. La diferencia entre la concentración de elementos entre superficie y subsuperficie aumenta y se estabiliza con la edad, y es parte de proceso de maduración química posteruptiva. La concentración de calcio, fluor, zinc, silicio, estaño, hierro y

plomo es mayor en las capas superficiales del esmalte en cambio la concentraciones de carbonato, magnesio y sodio es mayor en las capas mas internas de este tejido dentario. Así mismo las concentraciones de material orgánico aumentan paulatinamente al acercarse a la unión amelodentinaria. En cuanto al fluor, se reconoce que la gran mayoría este es producto de su adquisición en los estadios preeruptivos, y una cantidad importante es consecuencia de la maduración poseruptiva, llegando aun máximo de valor de cristalinidad mucho después de la maduración, sobre todo en la superficie del esmalte, puesto que a medida que aumenta la cantidad de fluor este es in capaz de difundir a zonas más profundas (fig.b) ⁽³⁴⁾

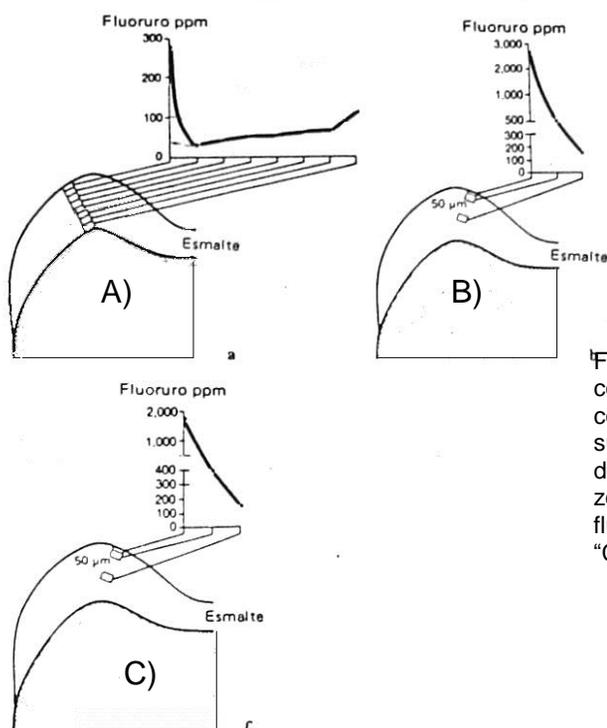


Fig. b: representación esquemática de la gradiente de concentración de fluor en el esmalte. La concentración de fluoruros mas alta en el esmalte superficial y disminuye hacia el interior de este. A) diente no erupcionado. B) diente erupcionado en zonas fluoradas. C) diente erupcionado en zona no fluorada. Esquema tomado de Gordon Nikiforuk et al; "Caries dental, aspectos básicos y clínicos" (34)

La superficie del cristal del esmalte es alterado en su morfología, así también la morfología funcional del Ameloblasto en la etapa de maduración también cambia. Es así que la supersaturación de mineral fluorado a nivel local también aumenta y facilita el crecimiento de los cristales. Estos cambios en la química y la morfología del cristal del esmalte, involucran fuertes enlaces iónicos y de hidrógeno, también conducen a un acumulo de proteínas moduladoras de la matriz y enzimas proteolíticas. Esto resulta en una reducción de la degradación y en el aumento de retención de proteínas que componen el tejido maduro.⁽¹⁶⁾

La fluorapatita, es formada por el reemplazo de los grupos OH dipolares por iones de fluoruro, que son más pequeños, resulta en la disminución de la dimensión del eje del cristal. Lo que produce efectos importantes en las propiedades físicas y químicas del cristal. Los iones de fluoruro generan a su vez ligaduras con los iones de OH vecinos lo que genera un aumento en la estabilidad en la estructura enrejada del cristal. Una capa fina de apatita fluorada en la superficie del cristal tendrá un efecto desproporcionado sobre la solubilidad del cristal (Brown et al., 1977). Su importancia práctica radica en una disminución de disolución ácida de la hidroxiapatita sintética parcialmente fluorada respecto a la pura (Moreno et al., 1974), velocidades aumentadas de

remineralización y disminuidas de desmineralización. La fluorapatita pura tiene una concentración de fluoruro de 38.000 ppm, mientras que el esmalte superficial (los primeros 10 μm) obtenido de personas residentes en áreas fluoradas, pueden contener de 3.000 a 4.000 ppm de fluoruro. Es aparente que la ingestión de agua fluorada resulta solo de en una sustitución limitada, alrededor de 10%, de iones fluoruro por iones hidroxilo. Aun así, esta sustitución limitada parece ser un factor importante en el marcado efecto cariostático. El fluoruro en si, como se menciona anteriormente, es captado en el esmalte por dos mecanismos: sistémicamente ya sea por ingestión, y tópicamente, por los líquidos bucales que bañan el esmalte como la saliva, agua, líquido de la placa y soluciones fluoradas tópicas. La captación tópica está restringida a la superficie del esmalte, generalmente a los primeros 10 μm a 30 μm , y mayormente confinado a las superficies grabadas y lesiones incipientes. ⁽³⁴⁾

Así se logra una disminución en la incidencia de caries, dado por estos cambios en la estructura del esmalte, otorgándole una mayor resistencia a esta enfermedad. Sin embargo muchas de las superficies ya han sido deterioradas por la caries. Las fisuras ya se han desgastado por lo se ha eliminado otra superficie susceptible. Además el cambio de dieta y la acumulación de flúor podría también ser causa de este efecto. ^(14, 15)

Conceptos de adhesión

La adhesión es definida como la interacción sólida y/o líquida entre un material (adhesivo o adherente) y otro (adherendo) a nivel de la misma interfase.

La adhesión se puede clasificar como (fig. c):

1. Física: aquí se dan a lugar interacciones electrostáticas de van der Waal o de otro tipo, que son relativamente débiles.
2. Química: formando enlaces entre átomos.
3. Mecánica: resultando de la traba ente los dos materiales por interconexión entre los surcos e irregularidades. ^(21, 1)

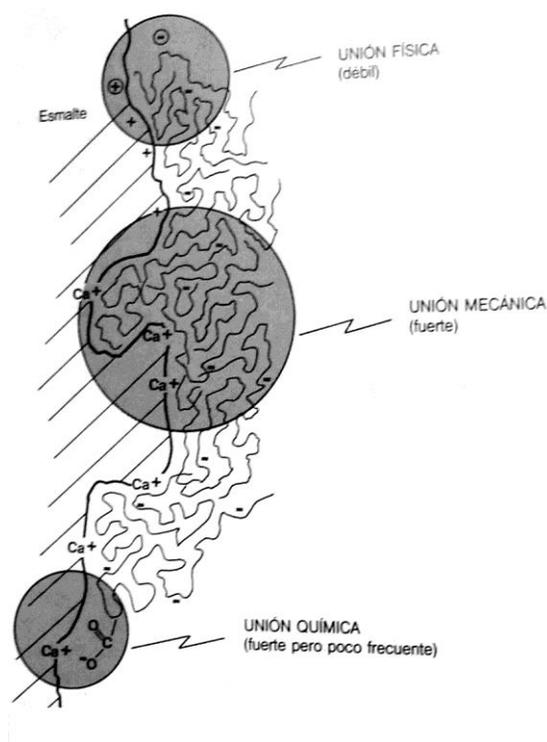


Fig. c: representación de contribución de la unión física, mecánica y química a la adhesión interfacial. La unión física se produce por atracción electrostática de las zonas positivas y negativas del polímero y de la estructura dental. La unión mecánica se produce por interconexión del agente adhesivo con las microregularidades de la superficie dental. La unión química se produce al formarse en lazos primarios en las zonas reactivas del polímero con la superficie dental. Esquema tomado de Gordon Nikiforuk et al; "Caries dental, aspectos básicos y clínicos" ⁽³⁴⁾

Ahora, a lo que se denomina adhesivo consta de 2 partes principales:

-el "primer": son monómeros disueltos en un solvente del tipo acetona, alcohol, agua o una combinación de estos. Estas presentan una terminación hidrofílica la cual se interrelaciona con las zonas rugosas, mejorando su penetración en el sustrato húmedo. Debemos considerar que inicialmente fueron destinados a ser usados en dentina por ser un tejido que tiene una mayor proporción de agua. Y una terminación hidrofóbica, los cuales presentan un doble enlace que puede generar uniones con otros dobles enlaces.

-el adhesivo (propriadamente tal o "bond"): que es una resina fluida de naturaleza hidrofóbica (como el Bis-GMA) el cual recubre el primer y genera la unión a la resina. ^(21, 1)

Es importante para la unión la capacidad del adhesivo, las características físicas de este como la capacidad de impregnar (o humedecer) la superficie sobre la cual se aplica, por lo que a mejor impregnación, mejor distribución sobre la superficie de algún material, así cuando el adhesivo impregna más la superficie a unir, el ángulo de contacto se acerca a cero. Asimismo es importante la limpieza de las superficies a unir, puesto que la contaminación de la superficie disminuye la adhesión. ^(7, 21)

La prueba de resistencia de adhesión es la metodología más popular para medir la efectividad de adhesión en los laboratorios. ⁽¹⁾

La fuerza de adhesión o tensión de adhesión es equivalente a la carga inicial necesaria para que una fractura divida una superficie de unión definida geométricamente, no considerando la rugosidad de la interfase mecánica, así que para valorar la fuerza de unión de una adhesión hay que desunir el sistema. Las pruebas para la medición de fuerzas de adhesión se clasifican en función de la dirección de la carga mecánica inicial. Por lo que la resistencia a la fractura se mide en relación a la dirección que en la que se logra la desunión, dependiendo de la resistencia de los materiales utilizados. ⁽²¹⁾

Los datos obtenidos de estos tests dependen de las características de los parámetros de laboratorio como la geometría de la muestra, tamaño de la superficie a estudiar, el tipo de composite entre otras características. ⁽¹⁾

Las ideas de retención micromecánica y la unión química basadas en los descubrimientos y desarrollo de la odontología adhesiva generan diferentes formas para producir unión:

- Grabado ácido y la formación de tags de resina.
- La creación de una fuerte unión a las superficies, donde la resina se une micromecánica y químicamente.
- La unión ante la formación de una capa híbrida.
- Unión a estructura inorgánicas y orgánicas de los dientes.⁽²⁰⁾

Clasificación de los sistemas adhesivos ^(11, 21, 24)

De acuerdo al desarrollo que estos han tenido pueden ser clasificados de diferentes formas:

a.- Según número de componentes:

- Adhesivos de tres etapas: los primeros en donde las etapas de grabado, acondicionamiento (primer) y de adhesión están separadas.
- Adhesivos en dos etapas con grabado ácido previo: en donde el primer y el adhesivo están juntos.
- Adhesivos en dos etapas con auto grabado: en donde un primer ácido produce el grabado y la penetración del monómero en un solo paso y por separado está el adhesivo.
- Adhesivos en un solo paso: en donde el primer, el adhesivo y la parte ácida que produce el grabado están juntos.

b.- Según acondicionamiento ácido:

- los que requieren grabado y acondicionamiento previo.
- Los que graban y acondicionan la superficie a la vez que penetra en monómero.

c.-Según el grado de acidez del sistema que graba la superficie:

- pH alto (≈ 2): los que presentan menor capacidad de grabado (Clearfil liner Bond 2V, Clearfil SE Bond).
- pH intermedio. (Adapter prompt L pop y Non-Rinse Conditioner).
- pH bajo: que corresponden a los de última generación con un pH bajo 1 cercano al del ácido fosfórico (pH aprox. 0,6). (Xeno III, Simplicity y Tyrian SPE).

d.- Según el solvente en su composición ⁽³⁹⁾:

- etanol
- agua
- acetona
- combinaciones de estos.

e.- Según método de activación:

- fotoactivados
- activación química
- duales.

f.- Según generaciones ^(34,35,36,37,38):

1ª generación: son los primeros en aparecer en el mercado a principios de la década de los 80, estos sistemas presentan una resistencia a la tensión que varia aproximadamente entre los 2 a 3 Mpa. Como ejemplo tenemos al Cervident ® (SS White).

2ª generación: estos aparecen en el mercado también en la década de los 80, estos sistemas presentan una resistencia que varia entre los 1 a 10 Mpa y están formados en base a ésteres halofosforados de resina sin relleno (Bis-Gma o Hema) presentando una interacción con los grupos fosfatos y calcio de la las piezas dentarias, es importante nombrar que estos sistemas presentan una gran desventaja en cuanto a la gran contracción de polimerización que favorece a la microfiltración. Como ejemplos tenemos a : ScotchBond Dual-Cure (3M) y al Bondlite (Kerr).

3ª generación: estos sistemas aparecen a finales de los 80, estos remueven el barro dentinario, generando un resistencia de 9 a 18 Mpa.

Entre ellos tenemos a: ScotchBond 2 (3M), Prisma universal Bond 3 (Densply Caulk), Syntac (Ivoclar vivadent) y XR-bond (Kerr).

4ª generación: aparecen a partir de la década de los 90, estos también se basan en el retiro del barro dentinario, y son aplicados en tres pasos:

1. grabado total.
2. aplicación de un primer.
3. aplicación de un adhesivo.

Entre estos tenemos: All-Bond 2 (Bisco), EBS (ESPE), OptiBond FL (Kerr), ProBond (Dentsply Caulk), y el ScotchBond multipropósito (3M).

5ª generación: estos nuevos sistemas aparecen el mercado con una tendencia a simplificar el procedimiento de adhesión a través de la combinación de pasos, presentando los “adhesivos de una botella” los cuales unen el primer y el adhesivo. Sus valores en la resistencia al cizallamiento varían de 21 Mpa a 30 Mpa.

Por ejemplo: Single Bond (3M), Optibond Solo (Kerr), Prime Bond NT Dual Cure , Prime Bond NT , Prime Bond 2.1(Dentsply), Tenure Quik (Dent- Mat), Sintak Single Bond (Vivadent).

6ª generación: estos son los sistemas adhesivos más nuevos, la característica más importante es que contienen el ácido, primer y adhesivo en una única solución, por lo que se les denomina Adhesivos Autograbadores. Algunos

ejemplos son Prompt L-Pop (3M ESPE), One Up Bond F (Tokuyama and J Morita, USA) y Touch & Bond (Parkell) y Adper Prompt.

Existe en la bibliografía diferentes clasificaciones de los agentes adhesivos donde la más conocida es a partir de generaciones. Pero últimamente una nueva clasificación que separa los sistemas adhesivos según la estrategia utilizada sin tomar en cuenta la cantidad de pasos clínicos o número de botellas que componen al estos sistemas. Estos los podemos separar en sistemas: ⁽³⁹⁾

- a.- De grabado y lavado.
- b.- De autograbado.
- c.- Los vidrios ionómeros o adhesivos de vidrio ionómeros

Los sistemas de grabado y lavado, implican tres o al menos 2 pasos, considerando la aplicación de un sistema que acondicione la superficie (o grabado ácido), posteriormente la utilización de un primer y por último un adhesivo, en los que utilizan dos pasos el primer y el adhesivo están juntos. En el caso del esmalte esta es la estrategia más efectiva, requiriendo solamente dos pasos para generar una buena adhesión. Estos sistemas presentan una resistencia de adhesión a la tracción de aproximadamente 40 Mpa, en estudios

basados en adhesivos comerciales o experimentales sobre esmalte tratado (cortado o desgastado) siguiendo siempre un mismo protocolo experimental y un composite en particular.^(1, 39)

Características de la adhesión en esmalte

La adhesión de los composites de resina deriva de las técnicas de grabado ácido desarrolladas por Buonocore. El esmalte es primero grabado, generando un patrón determinado dependiendo de la concentración del ácido, su pH y del tiempo de aplicación, para ser posteriormente aplicado sobre este el material adhesivo. Así la resina penetra dentro del área grabada formando los denominados tags que son extensiones responsables del efecto de micro retención.⁽¹⁵⁾ Este proceso genera una remoción de 10 μm de la superficie del esmalte, creando una capa de microporos de 5 a 50 μm de profundidad.⁽⁴⁸⁾

El objetivo del grabado ácido es transformar una superficie suave en una irregular (al diluir el esmalte), permite eliminar la placa dentaria, duplicando su energía libre, por lo que hay tendencia a pensar que si un sistema, que presenta una resina de baja viscosidad, moja mejor una superficie, esta es llevada dentro de las micro porosidades por efecto de capilaridad, lo que se denomina activación del sustrato.^(12, 17, 21) Por lo tanto sistemas que son más viscosos deberían presentar una mayor dificultad de infiltrar el sustrato dando adhesiones más pobres, pero no hay diferencias significativas entre resinas de

alta y baja viscosidad en términos de adaptación y penetración en las profundidades logradas en el esmalte grabado. ⁽³⁾

Algunos sistemas adhesivos presentan un relleno de partículas, creando una zona intermedia flexible. Esta parece proveer una favorable absorción de stress producido por la contracción de polimerización, absorción de agua y fuerzas oclusales. Algunos estudios de laboratorio dan a entender que estos sistemas adhesivos con partículas presentan una disminución en la fuerza adhesiva sobre el esmalte. Dado quizás por el aparente aumento en la viscosidad del sistema y por ende no son capaces de penetrar más profundamente en el área interprismática en comparación a los sistemas adhesivos sin relleno. ⁽¹⁷⁾

La dirección en que se encuentran los prismas que dan diferentes patrones de grabado influiría de alguna manera sobre la adhesión y por ende el sector de la corona a tratar ⁽³¹⁾. Así se ha visto que cuando el estudio se realiza en forma paralela a la orientación de los prismas los valores son mas altos que los obtenidos cuando estos están en forma perpendicular, así en el estudio de Giannini et al 2004, arroja valores promedios de 42.2 Mpa cuando es paralelo y de 11.5 cuando es perpendicular.

En cuanto a la técnica de grabado ácido, los prismas presentan, en condiciones normales, tres patrones distintos morfoestructurales. Estos patrones, que se relacionan con las diferencias regionales de las piezas dentarias y con la composición química de los prismas, son: ^(12, 48)

1. Tipo I: el centro del prisma aparece erosionado permaneciendo insoluble en la periferia. (imagen 1)
2. Tipo II: la periferia del prisma aparece erosionado permaneciendo insoluble en el centro. (imagen 2)
3. Tipo III: erosión completa en donde no hay forma que recuerde la estructura primaria. (imagen 3)

(1)



Imagen 1: patrón tipo I de esmalte grabado, es el centro del prisma el erosionado ($6\mu\text{m}$). Imagen tomada de James B. Summitt, J. William Robbins, Richard S.Schwartz; "Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach". ⁽⁴⁸⁾

(2)

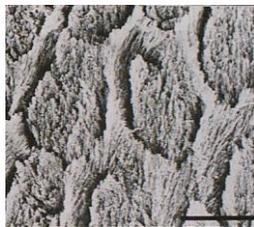


Imagen 2: patrón tipo II de esmalte grabado, donde es la periferia del prisma el erosionado ($6\mu\text{m}$). Imagen tomada de James B. Summitt, J. William Robbins, Richard S.Schwartz; "Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach". ⁽⁴⁸⁾

(3)

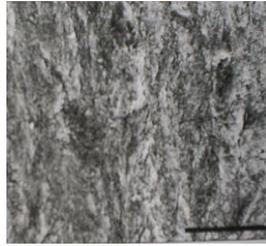


Imagen 3: patrón tipo III de esmalte grabado, no es posible diferenciar la estructura de los prismas ($6\mu\text{m}$). Imagen tomada de James B. Summitt, J. William Robbins, Richard S. Schwartz; "Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach".⁽⁴⁸⁾

En el esmalte los patrones de grabado fueron diferentes para los sistemas de auto grabado respecto a los sistema de grabado tradicional, parece ser que el esmalte ínter prismático es selectivamente descalcificado, quedando el prisma intacto lo que no pasa en el caso de los sistemas de auto grabado.⁽²⁾

La idea principal es que la resina sea absorbida por atracción capilar creando un puente y envolviendo a los cristales de OHA, creándose 2 tipos de tags:^(1, 48)

- Macro tags: que llenan el espacio alrededor del prisma del esmalte.
- Micro tags: resultados de la infiltración y polimerización en el corazón de los prismas del esmalte. (imagen 4)

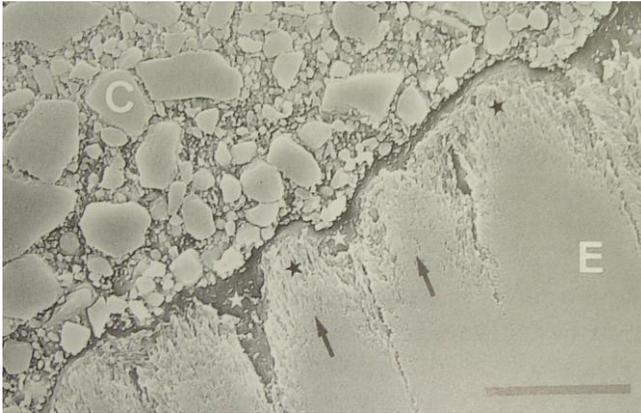


Imagen 4: microfotografía que muestra la interfase resina-esmalte, ante el uso de adhesivo Scotchbond Multipropósito Plus (3M), con un grabado previo con ácido fosfórico: (E). Los macrotags están representados por una estrella blanca, formados circularmente entre en la periferia de los prismas seccionados longitudinalmente (flecha negra), los microtags (estrellas negras) están formados en el corazón de los prismas. (escala: $5\mu\text{m}$), (C): composite. Imagen tomada de James B. Summitt, J. William Robbins, Richard S.Schwartz; "Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach".^(41, 48,)

Según Hanning et al 2002, el pre tratamiento con ácido fosfórico sobre la superficie del esmalte, el grabado preferencial de los espacios interprismáticos permite la creación de tags resinosos, como ya se dijo, de sobre $10\mu\text{m}$ de largo. En cambio en los sistemas de auto grabado solo se produce una infiltración de menos de 1 hasta $3\mu\text{m}$ de largo.⁽³²⁾

En cuanto a la disolución de los cristales de hidroxiapatita, son cuatro los aspectos principales de la estructura y de la organización del cristal de apatita significativos: las impurezas, tamaño del cristal, defectos cristalinos y la velocidad de difusión de los iones que se disuelven por los espacios intercristalinos (Eanes, 1979).⁽³⁴⁾

Cuando los cristales de hidroxiapatita sintética son sometidos a grabado ácido se puede ver que la disolución comienza en un sitio activo ubicado en el plano basal y forma una “fosa grabada”. La disolución continúa a lo largo del núcleo central del cristal paralela al eje C, dejando el centro hueco. Este patrón de disolución ha sido observado también en el esmalte cariado, proporcionando evidencia circunstancial de la disolución ácida de los procesos cariosos. ⁽³⁴⁾

Los sistemas de adhesión para esmalte dependen principalmente de la formación de los tags resinosos que se crean en las irregularidades superficiales propinadas por el grabado ácido. Los micro tags formados son al parecer los de mayor importancia puesto que son de mayor número y dan una mayor superficie de contacto. Ahora bien aunque la longitud de los macro tags son de menor importancia, ya que la fractura se produce a nivel del cuello de estos, presentan una longitud de 2 a 5 micrones. Así la fuerza de unión está limitada por el espesor de la capa de adhesivo y por la resistencia al cizallamiento de los tags formados. ⁽²¹⁾

La fractura del sistema adhesivo en el esmalte, en protocolos experimentales que consideran la orientación de los prismas transversalmente al sistema adhesivo como en este caso, muestran que ocurre preferentemente

a lo largo de la débil sustancia interprismática, que al estar también en forma perpendicular a la carga, se propaga la tensión rápidamente sobre la superficie causando la falla a una baja tensión, y cuando el prisma cambia su dirección, se observó una fractura oblicua del prisma, según Giannini et al 2004.⁽³³⁾ A diferencia de lo ocurrido cuando la adhesión es realizada de forma paralela a la orientación del prisma donde estructuras semejantes a conos de forma irregular fueron vistas, generándose fracturas en varios planos de estas estructuras, pues la tensión se concentra en las unidades prismáticas y la fractura debe separar toda la estructura para generar la falla, basándose en los resultados del mismo estudio.

En la clínica es casi imposible tratar el esmalte seco y la dentina húmeda para lograr el máximo de adhesión, según lo que se sabe de los sistemas mencionados así la presencia de agua inhibe la infiltración del monómero pero en los sistemas de base acuosa por esta condición podrían dar una buena infiltración en los micro poros aumentando la resistencia y por ende la unión se ve favorecida. Ante esto se ha vuelto esencial que en el caso del esmalte el uso de los primers hidrofílicos sobre el esmalte húmedo y que al parecer no interfieren en la adhesión cuando este está seco, aunque ante este último no sería necesario la aplicación de este sistema.^(2, 4, 15)

Debemos considerar que en los sistema donde encontramos el primer y el adhesivo en una misma botella los monómeros están incluidos en un solvente volátil lo que lleva a aumentar la capacidad de difusión y por ende mejorar la adhesión incluso sobre un sustrato húmedo ⁽¹⁷⁾, aunque existen estudios en los que no se ha detectado diferencias entre una técnica de adhesión sobre una superficie seca respecto a una técnica húmeda cuando un sistema adhesivo en base acuosa es ocupada. ⁽¹⁵⁾ Ya que un secado posterior al grabado permite una buena adhesión cuando un adhesivo a base de agua/etanol son ocupados ⁽³⁾.

Se observó la formación de la capa sobre el esmalte al ser este tratado con un sistema de grabado tradicional y se comparó a la misma capa resultada de los sistemas de auto grabado, así se vio que con los primeros se formaba una capa de tags más gruesa en comparación a los obtenidos respecto a los segundos. Así mismo, que el tratamiento con ác. Fosfórico es suficiente para descalcificar el prisma del esmalte, tanto para OHA (pH 5,5) y FA (pH 4,5) en un tiempo de aplicación determinado. En el caso de los sistemas de auto grabado parece ser que es muy poco tiempo para un correcto grabado. Estos desclasifican selectivamente las regiones interprismáticas dada la baja acidez pero los tags formados presentan una réplica de la estructura del esmalte

desclasificado más limpia. ⁽⁴⁾ En los sistemas de auto grabado a pesar de presentar una menor desmineralización, proveen una buena infiltración y difusión del adhesivo lo que es un factor de gran importancia en la producción de adhesión a nivel del esmalte. Teniendo en cuenta que no se produce una remoción total de la capa aprismática, pues no hay un proceso de lavado, lleva a pensar en la obtención de una mejor adhesión en esmalte profundo que en las capas más superficiales. Lo que representa un punto muy discutido, pues mientras algunos investigadores consideran satisfactorio su uso en dentina, otros no lo encuentran en su uso en esmalte integro ^(27, 29, 40). Una posible solución sería utilizar ácido fosfórico entre 30% al 37% antes de emplear el sistema de autograbado, o utilizar adhesivos de autograbado con un pH menor a uno, los que deberían ser más eficientes en esmalte integro.

Otros estudios indican que los tags interprismáticos de resina que se observan cuando es ocupado un grabado con ácido fosfórico de 32 a 37% sobre el esmalte, no se observan cuando se ocupa un sistema de autograbado. Aparentemente, la infiltración entre los cristales de esmalte crea tags de resina nanométricos que pueden contribuir al aumento de la resistencia de la adhesión aun en la ausencia de tags de resina interprismática. ^(32, 49)

Ahora también debemos considerar factores como la existencia de zonas de inhibición producidas por oxígeno (que altera la estructura química de los materiales que actúan en este proceso de adhesión), problemas con la completa polimerización de los monómeros utilizados al acondicionar y en el adhesivo, problemas respecto a la naturaleza de activación entre el adhesivo y la resina restaurativa ^(22, 23).

En el caso del esmalte el dejar expuestas superficies más profundas para trabajar, podría mejorar la adhesión siempre que este sano, o zonas donde ya no existe este tejido. Asimismo tenemos que tener en cuenta que la superficie intacta de del esmalte esta hipermineralizada y contiene más flúor ^(29, 40), en individuos que están expuestos a este, que el esmalte más profundo, por que la saliva sobresaturada por iones de calcio fósforo y fluor, pueden aumentar y transformar la superficie del esmalte y modificar el prisma de OHA a Fluorapatita, por lo que se haría mas difícil por parte del primer del sistema de auto grabado y el sistema de unión penetrar en este tejido, dejando zonas parcialmente sin grabarlo que altera la forma de los tags creados y por ende afectando la calidad de la unión. Algunos estudios, entre estos el de Ferrari et al ⁽⁴⁰⁾, que la unión mejora al utilizar el sistema de autograbado por el doble del tiempo recomendado por los fabricantes. Efecto contrario a lo que ocurre al

realizar un tratamiento de blanqueamiento dental en donde tendremos un efecto de desmineralización que se podría decir que es auto limitante y que por lo menos a nivel oral la función de la saliva como medio remineralizante es de gran importancia ⁽⁴⁹⁾.

Adhesivos

Entre los sistemas de grabado y lavado, de los cuales serán utilizados en el presente estudio, se encuentra el **Single Bond 2 (3M)**, que es un agente adhesivo dental de grabado total, activado por luz visible que incorpora un relleno de sílice de 5 nm de diámetro lo que representa un 10 por ciento de su peso.⁽⁴⁶⁾

Se presenta tanto en botella como en monodosis y su composición con excepción del nanorelleno de sílice, contiene los mismos componentes que el adhesivo original Adper Single Bond:

- BisGMA.
- Nanorelleno de sílice.
- HEMA.
- Dimetacrilatos.
- Etanol.
- Agua.
- Fotoiniciador.
- Copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico.

Así mismo el **Scotchbond Multipropósito Plus (3M)**, corresponde a otro sistema adhesivo de grabado y lavado el cual es presentado en tres botellas diferentes la cuales constan de: ⁽⁴⁵⁾

Grabador Scotchbond:

- Ácido maleico al 10% o ácido Fosfórico al 35%.
- Agua y silica.

Primer Scotchbond Multipropósito:

- Solución acuosa de HEMA
- Acidos poliacetónicos (ácido polialquenoico).
- Agua.

Adhesivo Scotchbond Multipropósito:

- BIS-GMA
- Resina de HEMA
- Un grupo de aminas permite un fotocurado de 10 segundos así mismo como una compatibilidad con el componente peróxido de la resina catalítica.

PROBLEMA: ¿Qué efectos produce el envejecimiento propio del diente sobre la resistencia a la tracción de la interfase adhesivo-esmalte dental?

HIPÓTESIS: el envejecimiento del diente produce una disminución en la resistencia a la tracción en la interfase adhesivo-esmalte dental.

OBJETIVO GENERAL: determinar si el envejecimiento de las piezas dentarias disminuye la resistencia a la tracción de la interfase adhesivo-esmalte dentario.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Comparar la resistencia a la tracción entre **Single Bond 2 (3M)** en función del envejecimiento del esmalte dentario (en esmalte joven y envejecido o adulto).
- Comparar la resistencia a la tracción entre **Scotchbond Multipropósito Plus (3M)** en función del envejecimiento del esmalte dentario (en esmalte joven y envejecido o adulto).
- Analizar los resultados obtenidos estadísticamente.
- Discutir los resultados obtenidos con bibliografía actualizada.

MATERIAL Y METODO

PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS DENTARIAS.

Se emplearan 50 molares y premolares humanos, extraídos por enfermedad periodontal o por indicación ortodoncica y con consentimiento previo del paciente, 25 de ellos correspondientes a personas de 12 a 22 años de edad (muestras que conformaran el grupo de control) y 25 de ellas a personas de entre 50 a 70 años de edad (muestras que conformaran los grupos experimentales), que fueron desbridados, limpiados con escobilla manual y suero fisiológico isotónico por 2 minutos. Luego serán mantenidos a 100% de humedad relativa en suero fisiológico isotónico.

Se registraron las piezas que serán utilizadas (numerados del 1 al 50 y puestos en frascos individuales) Identificando la edad, y género del paciente y otra información referente a este.

Los dientes serán seccionados a nivel cervical, dejando solamente la corona, y posteriormente en sentido ocluso-apical y mesio-distal mediante un disco de carburundum bajo refrigeración (chorro de agua corriente), utilizando

una pieza de mano y micromotor de baja velocidad Kavo®, obteniéndose 2 mitades, las cuales corresponden a las caras libres (palatina/lingual y vestibular) de las piezas dentales utilizadas, de las cuales solo se ocupará el tercio cervical de cada cara libre, como superficie para la adhesión.

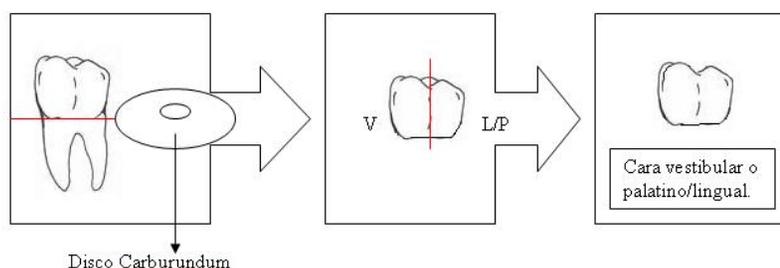


Imagen 5: preparación de las muestras, indica el corte consecutivo de las piezas dentarias.

De esta manera se conformaron 4 grupos: cada uno de 25 muestras, se observaron bajo microscopía óptica (microscopio estereoscópico, *Kyowa, made Japan, 20X*), para determinar las condiciones topográficas de la superficie del sitio a utilizar en el estudio, que para el presente trabajo de investigación se eligió el tercio cervical de las caras libres.

CONFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Todas las muestras de los grupos serán incluidas en Acrílico de autopolimerización (Marche) en probetas acrílicas, del mismo material, con medidas de 3.8 cms de ancho y largo, con una profundidad de 1 cm., con un orificio en el extremo opuesto el que llevará la muestra dentaria. Las muestras serán puestas en estas probetas de acrílico y serán posicionadas con acrílico fluido dejando la cara de la muestra, en la se llevará a cabo la adhesión, expuesta con el fin de tener una muestra estable a las condiciones del trabajo y estandarizada.



Imagen 6a: probeta acrílica utilizada.

Probeta acrílica

(vista superior)

(visión lateral)

(visión frontal)

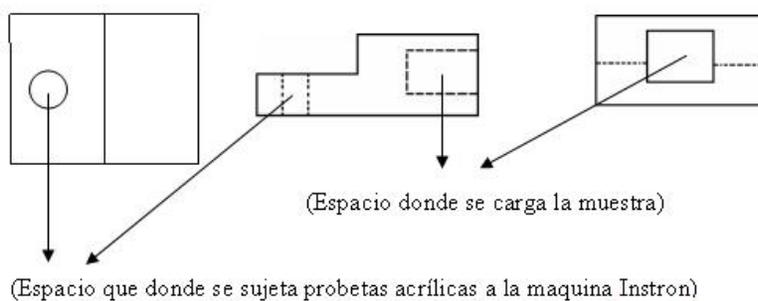


Imagen 6b: representación de la probeta acrílica. Esta imagen indica como son las características de las probetas a las cuales se unirá la muestra dentaria previamente cortada.

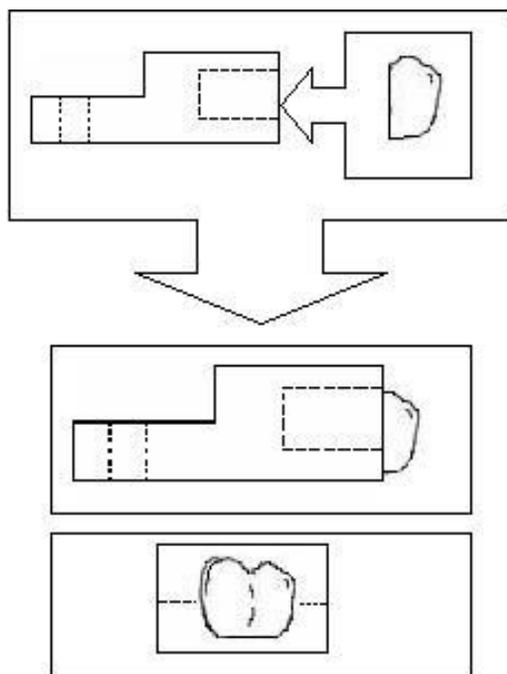


Imagen 7: representación del procedimiento de montaje de la muestra dentaria en la probeta acrílica.

CONSTRUCCIÓN DE LAS PROBETAS:

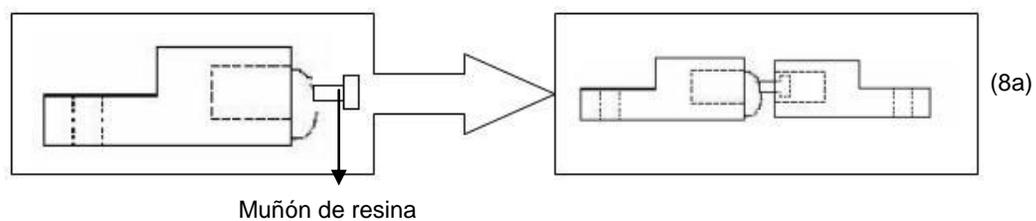
Se lavarán las muestras dentarias, mediante el uso de una jeringa triple (agua y aire), para remover cualquier material externo, se buscará un lugar apropiado de esmalte para el sitio de adhesión, y se procederá a la aplicación de los adhesivos formando los grupos de estudio de la siguiente manera:

- Grupo A1 (grupo control): Single Bond 2® (3M) frente a muestra de esmalte dentario humano sano joven.
- Grupo A2 (grupo control): Scotchbond Multipropósito ® (3M) frente a muestra de esmalte dentario humano sano joven.
- Grupo B1 (grupo experimental): Single Bond 2 ® (3M) frente a muestra de esmalte dentario humano sano adulto.
- Grupo B2 (grupo experimental): Scotchbond Multipropósito ® (3M) frente a muestra de esmalte dentario humano sano adulto.

La aplicación del adhesivo se realizara según instrucciones del fabricante, solo en una capa simple (4), con una lámpara de fotocurado (3M®, Elipar™ 2500).

Sobre todas las superficies tratadas con los distintos adhesivos se utilizará la resina compuesta “Filtek® Supreme” (3M® Center, Building 260-2B-13, St. Paul, MN 55144-1000, EEUU), a través del uso de un molde circular de acero inoxidable de 2mm de diámetro por 3mm de alto, dejando un cilindro de resina de estas medidas, y una espátula para resina (Hu-friedy®, satin steel XTS, modelo TNCIGFT1) los cuales serán polimerizados según el tiempo recomendado por el fabricante usando la lámpara de fotocurado, antes mencionada. Posteriormente se limpiarán los excesos de adhesivo no fotocurado, con una hoja de bisturí, siendo cuidadoso de no tocar el muñón.

Se aplicará sobre estos cilindros un incremento más de resina, que será fotocurada de la misma forma antes mencionada, y será incluida en una probeta de acrílico, de la misma forma que fueron incluidas las muestras dentales ya mencionadas.



imágenes: (8a) representación de la formación de la interfase adhesivo/esmalte, conjunto con formación del muñón de resina y su posterior formación del sistema adhesivo que será montado en la maquina de prueba Instron. (8b) imagen de los molde metálicos utilizados para la confección de los muñones de resina.

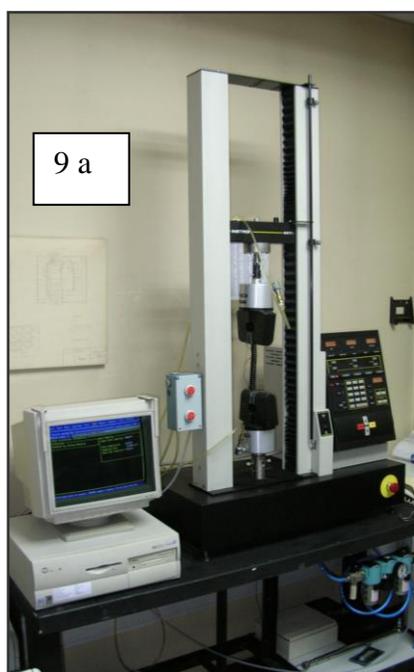
ALMACENAJE:

Inmediatamente después de la adhesión, se colocarán las muestras en un baño de suero fisiológico durante 48 horas a temperatura ambiente.

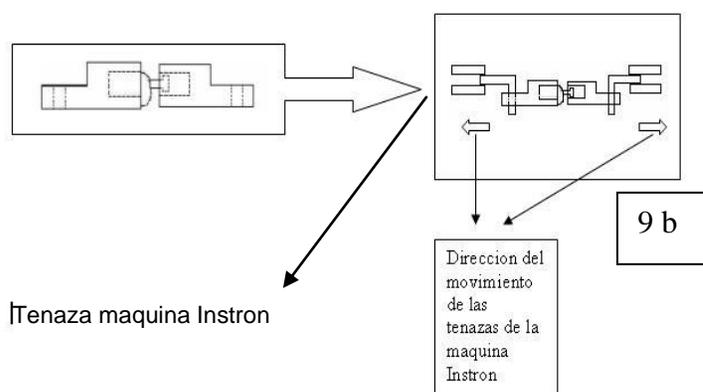
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS:

Cada sistema de probetas serán montados individualmente, en la maquina de Pruebas Universal INSTRON (modelo 4411).

La cual se someterá a fuerzas de tracción cada sistema adhesivo. La carga será aplicada a intervalos de 0.5 mm\seg, la que se aplicara hasta la fractura de la unión adhesivo-esmalte dentario, con una célula de carga de 10 kilos. Así se anotarán el valor pic de la fuerza a cada muestra que serán expresados en Mpa. Posteriormente serán analizados estadísticamente por medio de los tests ANOVA y Tukey.



9 a



Tenaza maquina Instron

9 b

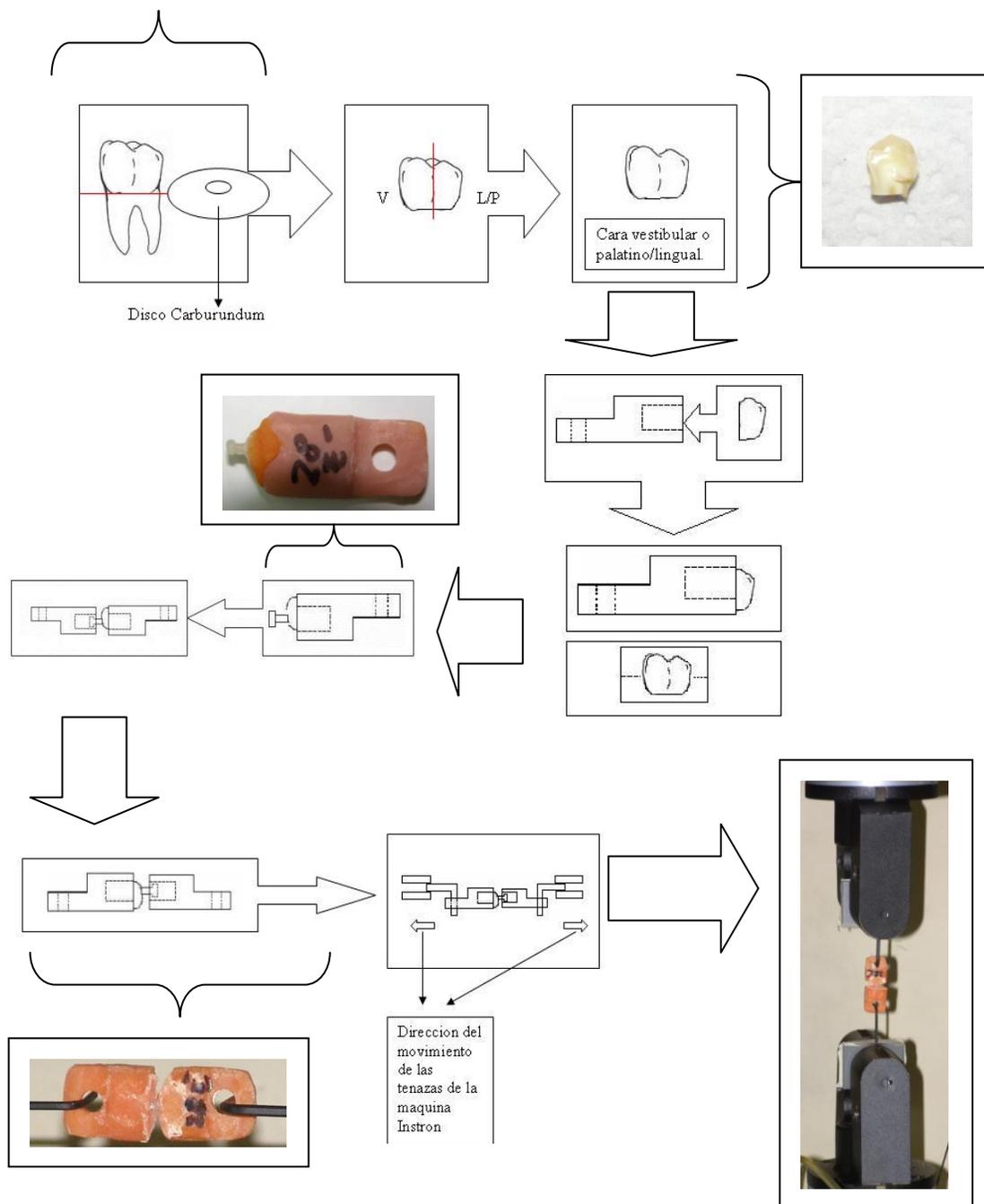
Direccion del
movimiento
de las
tenazas de la
maquina
Instron

Imagen 9 a: Fotografía de la maquina instron modelo 4411 utilizada.

Imagen 9b: Representación de la carga de los sistemas adhesivos en la maquina Instron.



Diagrama de resumen del procedimiento experimental



RESULTADOS

Las siguientes son las tablas de resultados obtenidos, expresados en Mpa para cada grupo en estudio, para la tabla (Ia) ambos adhesivos frente al sustrato de esmalte mayor a 50 años, y la tabla (Ib) ambos adhesivos frente al sustrato de esmalte menor a 22 años. Posteriormente se utilizó los estudios estadísticos ANOVA y Tukey, para analizar los resultados obtenidos, los cuales se analizaran posteriormente a las tablas de resultados.

Tabla (Ia): Resultados para Esmalte adulto con ambos adhesivos.

Esmalte Adulto Mayores de 50 Single bond 2			Esmalte Adulto Mayores de 50 Scotchbond		
Muestra		Mpa	Nº	Muestra	Mpa
1	53e+	11,34	1	53e+s	38,08
2	41e+	93,71	2	53e+s	34,33
3	51e+	42,23	3	39e+s	44,26
4	39e+	75,90	4	50e+s	21,08
5	49e+	44,01	5	14e+s	34,67
6	50e+	25,18	6	39e+s	60,29
7	45e+	21,15	7	45e+s	46,10
8	20e+	14,65	8	49e+s	59,04
9	45e+	43,79	9	16e+s	24,27
10	41e+	109,39	10	16e+s	90,37
11	20e+	83,75	11	18e+s	24,21
12	50e+	120,54	12	32e+s	40,33
13	20e+	75,28	13	54e+s	136,14
14	53e+	81,35	14	13e+s	11,17
15	16e+	73,41	15	50e+s	10,87
16	55e+	47,79	16	49e+s	244,19
17	45e+	47,48	17	51e+s	39,14
18	53e+	59,82	18	39e+s	35,39
19	14e+	81,28	19	45e+s	181,18
20	55e+	53,82	20	47e+s	44,58
21	20e+	46,88	21	39e+s	20,87
22	14e+	65,51	22	14e+s	38,42
23	50e+	90,06	23	16e+s	93,09
24	16e+	13,80	24	13e+s	31,37
25	39e+	28,80	25	51e+s	31,17

Tabla (Ib): Resultados para esmalte joven con ambos adhesivos.

Esmalte Adulto Menores de 22 años Singlebond 2		Mpa	Esmalte Adulto menores de 22 años Scotchbond MP		Mpa
1	28e-	109,02	1	15e-s	31,55
2	28e-	103,24	2	49e-s	45,95
3	28e-	49,35	3	42e-s	6,45
4	51e-	31,23	4	43e-s	40,82
5	17e-	54,79	5	e-s	38,70
6	17e-	131,79	6	e-s	45,41
7	e-	11,46	7	32e-s	71,85
8	e-	74,22	8	51e-s	66,01
9	e-	80,13	9	17e-s	32,64
10	e-	72,78	10	43e-s	33,11
11	41e-	62,07	11	42e-s	80,25
12	e-	92,09	12	30e-s	16,87
13	28e-	31,46	13	17e-s	87,72
14	43e-	68,50	14	49e-s	62,45
15	43e-	50,69	15	17e-s	54,48
16	29e-	42,51	16	15e-s	24,12
17	28e-	88,44	17	28e-s	89,22
18	32e-	73,91	18	29e-s	44,61
19	28e-	85,44	19	e-s	31,96
20	30e-	90,31	20	e-s	60,45
21	29e-	86,49	21	e-s	31,58
22	30e-	47,64	22	e-s	29,55
23	e-	66,35	23	e-s	34,71
24	e-	90,18	24	e-s	13,90
25	e-	62,41	25	e-s	25,65

ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS ESTADÍSTICOS REALIZADOS

ANÁLISIS DE VARIANZA (Tabla n1)

Source	Sum-of-Squares	Df	Mean-Square	F-ratio	P
GRUPO	13990.340	3	4663.447	7.130	0.000
Error	60827.292	93	654.057		

Se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los grupos de esmalte joven (12 a 22 años) usando Single Bond 2 respecto a los grupos en que se utilizó Scotchbond Multipropósito tanto en esmalte mayor (50 a 70 años) como en esmalte joven, no así con respecto al grupo de Single Bond 2 sobre esmalte mayor.

Análisis Tukey (Tabla n2)

	1	2	3	4
1	1.000			
2	0.003	1.000		
3	0.335	0.218	1.000	
4	0.001	0.939	0.074	1.000

Respecto a esta tabla podemos ver los valores en la columna 1 menores a 0.05 son los que arrojan una diferencia significativa entre los grupos, así

podemos ver que entre los otros grupos no se observa esta diferencia entre ellos, ya que la dispersión de los datos no arrojan una diferencia estadísticamente significativa.

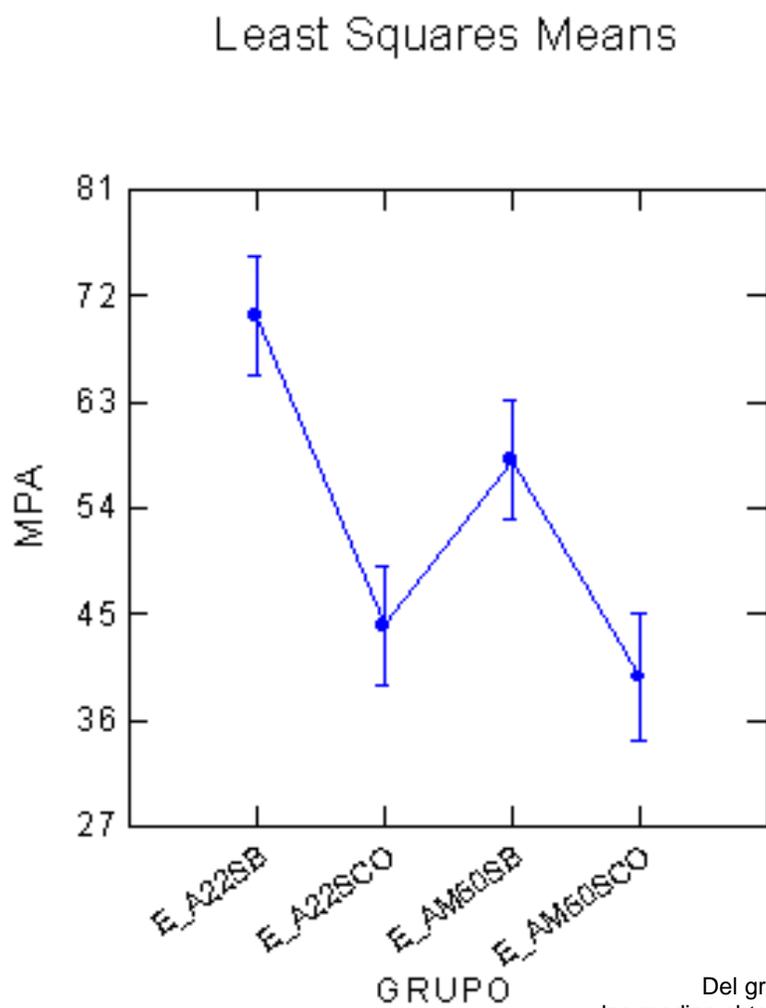
La media obtenida junto a los valores de error estándar y el número de muestras de estos se ven en la tabla anexa a continuación:

Media y Error estándar (tabla n3)

		Media	Error estándar	N
GRUPO A1	E_A22SB	70.260	5.115	25
GRUPO A2	E_A22SCO	44.000	5.115	25
GRUPO B1	E_AM50SB	58.037	5.115	25
GRUPO B2	E_AM50SCO	39.686	5.453	25

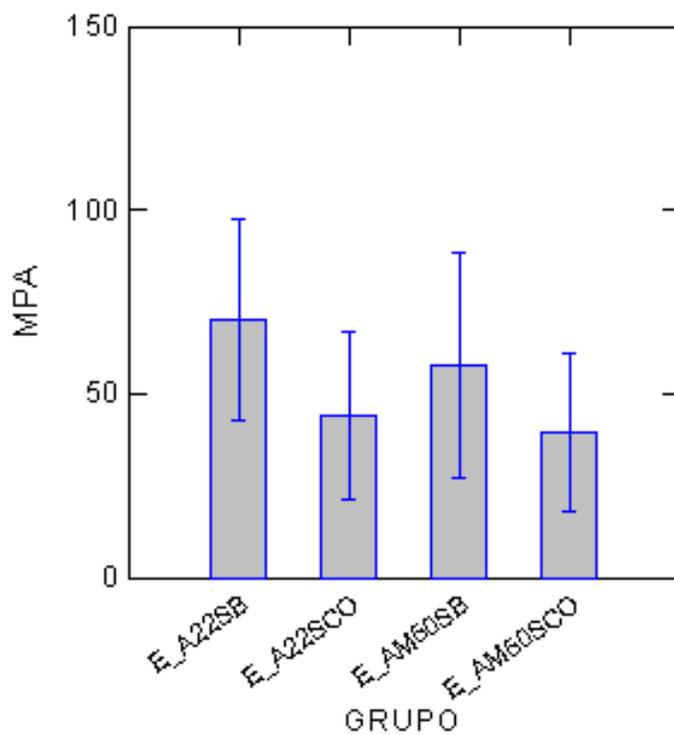
En la Tabla n 3 podemos ver que los valores de las medias son mayores en los grupos de esmalte (E_) de mayores de 50 años (AM50) y menores de 22 años (A22) en donde se utilizo Single Bond 2 (SB) respecto a ambos grupos en donde se utilizo Scotchbond Multiproposito (SCO). Pero hay que recordar que solo es significativa la diferencia del grupo 1, respecto a los grupos 2 y 4, como se mencionó anteriormente.

Gráfico n1: Medias obtenidas por grupo.



Del gráfico n1 se pueden observar las medias obtenidas y correlacionarlo con lo mencionado anteriormente respecto a los valores más altos obtenidos con el uso de Single Bond 2 en ambos grupos etarios frente al uso de Scotchbond Multipropósito en los mismos rangos de edad.

Gráfico n2: Medias y dispersión de los valores de las muestras por grupo.



De este gráfico podemos obtener una visión de los resultados obtenidos. En donde podemos observar los rangos de valores de las medias obtenidos en cada grupo, además de la dispersión de los datos obtenidos (ver en la Tabla n3).

DISCUSIÓN

El esmalte es un tejido que no puede regenerarse, es avascular y acelular, microporoso y anisótropo, además sus prismas se presentan en diferentes direcciones según el sector del diente que se observe, pero siempre conservando su estructura básica. Otra cosa importante de recordar es que con la edad el tejido se gasta progresivamente en regiones de stress masticatorio, hay cambios en la permeabilidad la cual disminuye progresivamente, lo que lleva a que los espacios entre los cristales disminuyan, y los cristales aumentan de tamaño y por lo tanto el contenido acuoso y orgánico disminuye con la edad. También la composición de la capa superficial cambia, aumentando la cantidad de flúor adquirido y la cantidad de nitrógeno.^(12, 13, 14, 24) Y hemos dicho que la formación de tags resinosos dentro de las microporosidades interprismática e intracristalinas en el esmalte ha sido considerada el mecanismo predominante de adhesión de los composites.^(32, 49)

De los resultados obtenidos podemos ver, como se dijo anteriormente, que existe una diferencia significativa entre el grupo A1 (muestra de esmalte menor de 22 años usando Single Bond 2) cuya media y error es 70.3 ± 5.1 Mpa, respecto a los grupos B2 y A2 (Scotchbond Multipropósito tanto en mayores de

50 años como en menores de 22 años) cuyos valores son respectivamente 39 ± 5.5 Mpa y 44.0 ± 5.1 Mpa, pero no lo es respecto al grupo B1 (Single Bond 2 mayores de 50 años) cuya media es 58.0 ± 5.1 Mpa. Además, en relación a estos tres últimos grupos, no se dio una diferencia significativa. Aun así, podemos ver los valores de las medias son mayores en los grupos (A1 y B1) de esmalte mayores de 50 años y menores de 22 años en donde se utilizo Single Bond 2 respecto a ambos grupos (A2 y B2) en donde se utilizo Scotchbond Multiproposito. Los cambios en el esmalte, como el aumento en la cantidad de mineral y por ende de la resistencia al grabado ácido podría hacer pensar que al aumentar la mineralización del tejido y por ende la edad de las muestras en estudio, debería haber valores de resistencia a la tracción menores en los casos de esmalte sobre los 50 años de edad. Pero según el presente trabajo estadísticamente no fue así, aunque en los grupos en que se uso Singlebond 2 independiente de la edad de las muestras los valores de resistencia fueron mayores a los vistos en los casos en donde se uso Scotchbond multiproposito, puede observarse valores mayores de resistencia en los sustratos jóvenes respecto a los sustratos de mayor edad, ante el uso de los adhesivos por separado.

En esmalte los sistemas que se basan en las estrategias de grabado y lavado, presentan los mejores valores de adhesión. Así las medias obtenidas de sistemas de dos o tres pasos varían entre los 40 y 39 Mpa respectivamente ⁽¹⁾, o de 20 a 30 Mpa según otras revisiones para los sistemas adhesivos de 4ta y 5ta generación. ⁽³⁾ A pesar de esto y tomando en cuenta las variaciones de los protocolos experimentales, se han registrados valores para el adhesivo Single Bond que rodean los 29.3 ± 2.6 Mpa para esmalte subsuperficial y de 27.6 ± 2.2 Mpa para esmalte intacto en pruebas de resistencia a la tracción, según Kanemura et al 1999.⁽²⁹⁾, de 30.8 Mpa según Miguez et al 2003 ⁽³⁰⁾, y según Giannini et al ⁽³³⁾ este varia entre 11.5 y 42.2 Mpa según la dirección de los prismas del esmalte ya visto anteriormente, para el mismo adhesivo. Ahora bien la discrepancia entre los valores puede deberse, como se insinuó anteriormente, a las variaciones en el protocolo experimental.

Respecto a esto debemos mencionar que la mayoría de la bibliografía está dirigida al estudio de la resistencia de adhesión aplicando fuerzas de cizallas, hay discrepancia el tratamiento previo del sustrato, que ha sido desgastado o cortado eliminando la capa más superficial del esmalte, la procedencia, dirección de los prismas del esmalte o la edad del sustrato, o la utilización de adhesivos que no se corresponden con los utilizados en este

protocolo experimental (considerando el tipo y la estrategia adhesiva) por lo que ha sido difícil hacer una comparación efectiva con trabajos experimentales previos, pues no hay bibliografía disponible que trate este tema en particular, directamente.

Para obtener una eficiente unión entre dos sustratos, requerimos reconocer que la adhesión es sensible a la técnica utilizada y además a la experiencia del operador, aun incluso al ser usada la misma técnica. ^(42, 43, 44)

Los sistemas que unen el primer con el adhesivo son menos sensibles, al contar con menos pasos, que los que presentan estos dos por separado, así también como a las mejoras introducidas en los componentes de cada uno de los adhesivos utilizados, con esto podríamos especular que el relleno introducido en el Singlebond 2 podría generar algún tipo de retención o de fortificación extra en la interfase, por lo que se darían valores más altos, puesto que este relleno de 5 nm podría infiltrarse en los espacios entre los prismas o quizás en espacios intercristalinos e incluso intracristalinos, generando una estructura más resistente, teniendo en cuenta que la fractura de los tags en este punto son los responsables de la separación de los sistemas adhesivos.

Tomando en cuenta lo dicho respecto a sistemas adhesivos como el Prime & Bond NT de la Dentstply, que presenta un relleno de partículas de

aproximadamente 7 μm , que refuerza los tags de resina y la capa de adhesión, y además su bajo peso molecular aparentemente no compromete la difusión del adhesivo en esmalte previamente grabado.⁽¹⁷⁾ Además, según el trabajo de Hanning et al 2002, no se encuentran diferencias mayores en la ultraestructura del patrón general en la disolución de los cristales y en la infiltración de los sistemas adhesivos de autograbado (usados en el estudio) y los de grabado tradicional con ácido fosfórico. Asimismo este estudio, al analizar las muestras bajo microscopía electrónica de transmisión indica que la inter difusión de los monómeros acídicos se da primero entre los cristales y a lo largo de los espacios intercristalinos, pero hay evidencia de una disolución a lo largo del eje C de los cristales que fue observada, lo que indica que un patrón nanoretentivo de grabado tridimensional inter e intra cristal fue creado (fig. d, e, f y g), permitiendo el paso de monómeros posteriormente. Por lo que, en sistemas de autograbado, esto podría ser una explicación de que aun al generar un patrón de grabado tan pobre pueden llegar a una resistencia adhesiva casi similar a la encontrada en los sistemas de grabado y lavado ⁽³²⁾.

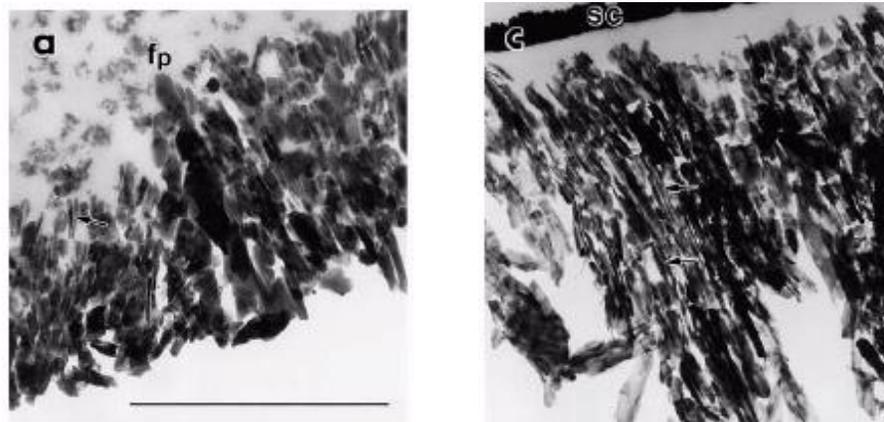


Fig. d y e: Microfotografía de transmisión de electrones, de la interfase resina-esmalte no desmineralizado tratado con Clearfil Liner Bond 2 (a) y Etch & Prime 3.0 (c) donde se puede observar a los cristales de esmalte embebidos en la resina infiltrada. Las flechas negras muestran la disolución en la parte central de los cristales a lo largo del eje C (cristales con forma de “clip de cabello”). Partículas de relleno (fp) de SiO₂ son detectables en la capa de resina de Clearfil Liner Bond 2. (1µm). Estas fotografías fueron obtenidas de Hannig M, Bock H, Bott B, Hoth-Hannig W.; “Inter-crystallite nanoretention of selfetching adhesives at enamel imaged by TEM”; Eur J Oral Sci 2002.⁽³²⁾

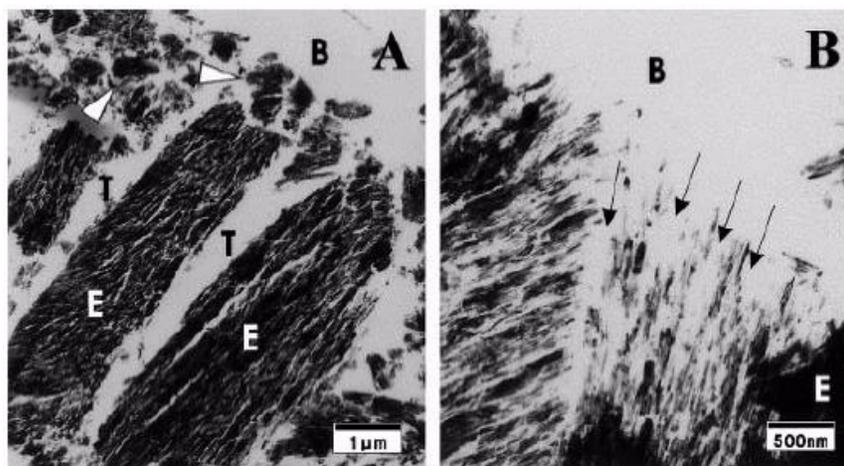


Fig. f: Micrografía electrónica de transmisión obtenida luego de un grabado con ácido fosfórico y la subsiguiente aplicación del adhesivo One-Step. La imagen A muestra la formación de tags en la región interprismática. En la imagen B se observa cristales de esmalte encapsulados en el adhesivo dentro de los prismas, las flechas negras indican la formación de microtags dentro de los prismas. Esta imagen fue tomada de “Resin–enamel bonds made with self-etching primers on ground enamel”; Hashimoto et al. 2003⁽⁴⁹⁾

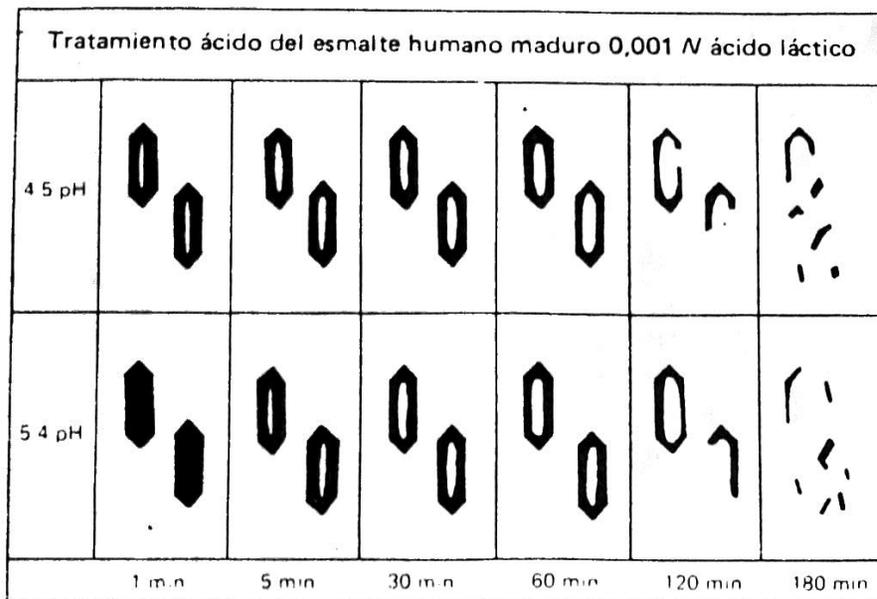


Fig. g: Representación esquemática de la secuencia de dilución de los cristales del esmalte con un buffer lactado. Nótese que los centros de los cristales son los primeros en mostrar signos de dilución, (Swancar et al, 1971). Esquema tomado de Gordon Nikiforuk et al; "Caries dental, aspectos básicos y clínicos" ⁽³⁴⁾

Ahora bien, podemos mencionar que el uso del ácido ocupado, a la concentración, pH y tiempo de aplicación es efectivo en retirar la capa más superficial del esmalte, ya sea por ser aprismático y de presentar mayor cantidad o tipo de mineral, generando un patrón de grabado propicio para la aplicación del adhesivo, independientemente de los cambios producidos en la maduración de este tejido dentario a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

- No hay diferencias estadísticas significativas entre la resistencia a la tracción de estos sistemas adhesivos individualmente, respecto a los cambios producidos por la edad en el esmalte.
- Se pudo identificar una diferencia significativa en la resistencia a la tracción entre los adhesivos, independientemente a la edad del esmalte.
- Los cambios en la superficie del esmalte parecen no ser importantes cuando se ocupa una estrategia de grabado y lavado, aunque se insinúa una diferencia en la resistencia de adhesión entre la diferencia etarea esta no es estadísticamente significativa según lo obtenido con este protocolo experimental.

SUGERENCIAS

- Realizar el estudio comparando el sistema adhesivo Single Bond con el sistema Single Bond 2 para determinar si el nanorelleno es responsable de esta diferencia.
- Verificar si un estudio con un número mayor de muestras y por ende con una menor dispersión en los resultados den a lugar una diferencia estadística significativa mas clara, pues gráficamente se puede observar que los valores obtenidos de los sustratos sobre 50 años son más bajos a los obtenidos de los menores de 22 años, aun cuando es solo en un caso que se dio una diferencia significativa estadística.
- Analizar a que nivel de la ultra estructura del esmalte el adhesivo (Single Bond 2) puede penetrar, para determinar hasta que nivel el nanorelleno puede influir en la resistencia de la adhesión.
- Realizar este estudio considerando incluir el termociclado dentro de las variables en estudio.

RESUMEN

Efecto del Envejecimiento del Esmalte sobre la Resistencia Traccional frente a dos sistemas adhesivos.

La adhesión en esmalte ha sido ampliamente estudiada. Sin embargo no se conoce con precisión si el envejecimiento modifica las interacciones adhesivo/superficie dentaria. Este estudio fue diseñado para probar la hipótesis que el envejecimiento dentario, modifica la resistencia adhesiva a la tracción *in vitro*. Para tal esto, se seleccionaron 25 molares sanos de pacientes de entre 50 a 70 años y 25 molares sanos de entre 12 a 22 años, extraídos por razones periodontales u ortodóncicas.

El sustrato de esmalte donde se realizó el estudio fue obtenido luego de seccionar transversalmente los especímenes en el límite amelodentinario. La corona fue hemiseccionada en un segmento mesial y uno distal. En los segmentos mesiales de todos los especímenes se realizó técnica adhesiva, con el sistema Scotch Bond Multipopósito Plus ®(SBMP), [3M St. Paul MN USA]; en los segmentos distales se realizó técnica adhesiva con el sistema Singlebond 2 ®(SB2), [3M ESPE], de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Posteriormente, la muestra en estudio fue sometida a la prueba de tracción en máquina Instron (mod. 4411) a una velocidad de 0,5mm/seg con una célula de carga de 10 kilos. Los datos fueron expresados en megapascales

(Mpa), los que se analizaron estadísticamente por medio del test Anova y Tukey.

Las observaciones realizadas, con la metodología empleada, mostraron que las medianas (Mpa) por grupo fueron de 70.26 para SB2<25 años 44 para SBMP<25 años y 58.04 para SB2>50 años 39.69 SBMP>50 años, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia adhesiva a la tracción, entre el grupo SB2<25, respecto a los grupos SBMP<25 años ($p=0.003$) y SBMP>50 ($p=0.001$), y no lo es respecto al grupo SB2>50 años ($p=0.335$).

Concluimos que el envejecimiento no es un factor que modifica los valores de resistencia a la tracción entre adhesivo superficie/dentinaria.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) B Van Meerbeek & others "Buonocuore memorial lecture: adhesión to enamel and dentine: current status and future challenges" Operative Dentistry, 2003, 28-3, 215-235.
- (2) Manuel Toledano, Raquel Osorio, Guillermo de Lonardi and col., "influence of self-etching primer on the adhesión to enamel and dentine", Am. Journal of Dentistry, Vol. 14, N° 4, August 2001, 205-210.
- (3) Jorge Perdigao, Roland Frankenberger, Bruno T.Rosa, Lorenzo Breschi, "New trends in dentin/enamel adhesion" Am. Journal of Dentistry, Vol.13,Special issue, Nov.2000, 25D-30D.
- (4) Y. Torii, K. Itou, R. Hikasa, S. Iwata & Y. Nashitani, " Enamel tensile bond strength and morphology of the resin enamel interface created by acid etching system whit and whithout moisture and self-etching priming system", Journal of Oral Rehabilitation vol. 29, 2002, 528-533.
- (5) Edward J. Swift, Jr; Dentin/enamel adhesives:review of the literature; Pediatric Dentistry;24:5;2002; 456-461.
- (6) L.Breschi, P. Gobbi, M. Falconi, G. Mazzotti, C. Prati & J. Perdigao; Ultra-morphology of self-etching adhesives on ground enamel: A high resolution SEM study; Am. J. Dent. Vol 16., Special Issue, Sept. 2003, 57A-62A.
- (7) M. Hannig, A. Grafe, S. Atalay & B. Bott. " Microleakage and SEM evaluation of fissure sealants placed by use of self-etching priming agents", Journal of Dentistry, 2004, 32, 75-81.
- (8) Cecilia Goracci, Egidio Bertelli, Marco Ferrari "bonding to worn or fractured incisal edges: Shearbond strength of a new adhesives systems", Quintessence int 2004;35:21-27.
- (9) R. Feigal, I. Quelhas. "Clinical trial of a self-etching adhesive for sealant application: Success at 24 months with Prompt L-Pop", American Journal of dentistry, Vol. 16, N°4, 2003, 249-251.
- (10) A. Bona Matos, W. Tate , J. Powers, "Influence of enamel surface preparation on composite bond strength", American Journal of dentistry, Vol. 16, special issue, Sept. 2003., 37a-40a.
- (11) Gilberto Henostroza H, Adhesión en odontología restauradora, Curitiba, ED. Maio, 2003, 72-80.
- (12) Histología y embriología bucodental, Maria Elsa Gómez de Ferraris, Antonio Campos Muñoz, Ed. Medica Panamericana, 1999, Madrid, págs. 229-249.
- (13) Histología y embriología dentaria, Abraham Abramovich, Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1999, págs. 119-144.
- (14) A.R. Ten Cate. "Histología oral : desarrollo, estructura y función". Buenos Aires : Médica Panamericana, segunda edición, 1986. 267- 272

- (15) Yasuhiro Torh, Kousuke Itou, Yoshihiro Nishitani Kunio Ishikawa, Kazuomi Suzuki "effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentine", *Am journal of dentistry*, Vol. 15, nº 5, Oct. 2002, 305-309.
- (16) C. Robinson, S. Connell & col. "The effect of fluoride on the developing tooth". *Caries Res* 2004; 38:268-276.
- (17) Guilherme Carpena lopes, Luiz Narciso Baratieri and col., "dental adhesion: present state of the art an future perspectives", *Quintessence international*, Vol. 33, Nº3, 2002, 213-224.
- (18) Hashimoto M, Ohno H, Yoshida E, Hori M, Sano H, Kaga M, Oguchi H.; "Resin–enamel bonds made with self-etching primers on ground enamel."; *Eur JOral Sci* 2003; 111: 447–453.
- (19) María Elsa Gómez de Ferraris, Antonio Campos Muñoz. "Histología y embriología bucodental". Madrid : Médica Panamericana, 1999, 261-265.
- (20) R.S. Hobson et al., "Acid-etch patterns on the buccal surface of human permanent teeth", *Archives of oral Biology* 47 (2002) 407-412.
- (21) *Arte y ciencia de operatoria dental / Clifford M. Sturdevant ... [et al.]*, Madrid : Harcourt Brace, 1996, pp. 273-276.
- (22) Franklin R. Tay, D.H. Pashley, Cynthia K.Y. Yui, Anna Marie E. Sanares, Stephen H.Y. Wei; Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. part I. Single-step self-etching adhesive; *J. Adhes. Dent.* 2003; vol 5; nº 1; 27-40.
- (23) Franklin R. Tay, D.H. Pashley, Byoung I. Suh, Carlo Prati, Shu-Fen Cchuang, Feng Li; Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. part II. Single-bottle, Total-etch adhesive; *J. Adhes. Dent.* 2003; vol 5; nº 2; 91-105.
- (24) Balint J. Orban. "Oral histology and embriology". St. Louis : The C. V. Mosby Company, sexta edición, 1966, 64-67.
- (25) Y. Shimada, Y seki, Y Sasafuchi, M Arakawa, MF Burrow, M Otsuki & J Tagami; Biocompatibility of a flowable composite Bonded with a Slef-etching Adhesive Compared with a Glass Ionomer Cement and a High Copper Amalgam; *Operative Dentistry*, 2004, 29-1, 23-28.
- (26) H Wang, Y Shimada & J Tagami; Shear bond stability of current adhesive systems to enamel; *operative dentristy*, 2004, 29-2, 168-175.
- (27) Yasuhiro Torii, Kousuke Itou, et al., "Effect of self-etching primer containing N-acryloyl aspartatic acid on enamel adhesion" , *Dental Material* 19 (2003) 253-258.

- (28) M. Miyasaki, H. Sato, H. Onose, BK. Moore & J.A. Platt. "Analysis of the Enamel/adhesive resin interface with Laser Raman Microscopy", *Operative Dentistry*, 2003, 28-2, 136-142.
- (29) K. Kanemura, H. Sano, J. Tagami; "tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces"; *Journal of Dentistry*, vol. 27, 1999, 523-530.
- (30) Patricia Miguez, Patricia Castro, Mauro Nunes, Ricardo Walters, Patricia Pereira; "Effect of acid_etching on the enamel bond of two self_etching system"; *Journal of Adhesive Dentistry*, Vol 5, N° 1, 2003, 107-112.
- (31) Y. Shimada & J. Tagami. "Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding", *Operative Dentistry*, 2003, 28, 20-27.
- (32) Hannig M, Bock H, Bott B, Hoth-Hannig W.; "Inter-crystallite nanoretention of selfetching adhesives at enamel imaged by TEM."; *Eur J Oral Sci* 2002; 110: 464-470.
- (33) Marcelo Giannini, Carlos José Soares, Ricardo Martins de Carvalho; "Ultimate tensile strength of tooth structures"; *Dental Materials* (2004) 20, 322-329
- (34) Gordon Nikiforuk; "Caries dental, aspectos basicos y clinicos"; Ed. Mundi S.A.I.C: y F.; Paraguay 2100- Buenos Aires- Argentina -1986; cap.4 y cap.9.
- (35) Hanning M, Reindhard KJ, Bott B "Self-etching primer v/s phosphoric acid: an alternative concept for composite to enamel bonding". *Oper Dent*. 1999 May-Jun; 24(3):172-80.
- (36) Swift J. "Bonding systems for restorative materials--a comprehensive review". *Pediatr Dent*. 1998 Jul-Aug; 20(4):259-62.
- (37) Blomlof J, Cederlund A, Jonsson B, Ohlson NG., "Acid conditioning combined with single-component and two-component dentin bonding agents.", *Quintessence Int*. 2001 Oct; 32(9):711-5.
- (38) Mason PN, Ferrari M, Cagidiaco MC, Davidson CL. "Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro.", *J Dent*. 1996 May; 24(3):217-22.
- (39) De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B., "A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results.", *J Dent Res*. 2005 Feb; 84(2):118-32.
- (40) Ferrari M, Mannocci F, Vichia F, Davison C. "Effect of two etching times on the sealing ability of clearfil liner Bond 2 in class V restorations". *American Journal of Dentistry* 1997; 10:66-70
- (41) Peumans M., Van Meerbeek B., Yoshida Y., et al; "Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive interface"; *Dent Mater*, 1999; 15:105.
- (42) Sano H, Kanemura N, Burrow MF, Inai N, Yamada T, Tagami J. Effect of operator

variability on dentin adhesion: student vs, dentists. *Dent Mater J.* 1998; 17(1):51-8

(43) Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 2000; 13:101-4

(44) Fundingsland JW, Aasen SM, Ario PD, Glasspoole EA. Investigation into technique variability in bonding studies. (Abstract) *J Dent Res* 1996; 75: #868

(45) "Scotchbond™ Multi-Purpose Plus, Dental Adhesive System" Dental Products Laboratory 3M Center, Building 260-2B-13, St. Paul, MN 55144-1000, Printed in U. S. A., ©3M 1994

(46) "Adper Single Bond 2" Productos Dentales , 3M Center, Building 275-2SE-03, St. Paul, MN 55144-1000, Impreso en EUA, © 3M 2004.

(47) Swift J. "Dentin/enamel adhesives: review of the literatura". *Pediatr Dent* 2002 Sep-Oct; 24(5):456-61.

(48) James B. Summitt, J. William Robbins, Richard S.Schwartz; "Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach"; segunda edición; Quintessence Publishing Co, Inc.; Illinois, USA; 2001; pags. 191-194.

(49) LM Justino, DR Tames & FF Demarco; In situ and In vitro Effects of Bleaching whit Carbamide Peroxide on Human Enamel; *Operative dentistry*, 2004, 29-2, 219-225.

(50) Perdigao J, Gerardelli S, "Bonding Characteristics of Self-etching Adhesives to Intact versus Prepared Enamel". *J esther Restor.* 2003; 15(1): 32-41.

(51) Perdigao J., Fundingsland J., "Microtensile Bond Strengths of Sealants to Unprepared Enamel". General Session of IADR. June 25-28, 2003, Goteborg, Sweden.